

Über die Beeinflussung der Frühstadien des Zahnsteins mit Zahnsteinhemmstoffen

von

Winfried Henkel

aus Mainz

1963

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Konservierenden Abteilung (Leiter: Prof. Dr. J. Kluczka)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. F. Jung) der Johannes Gutenberg-Universität
in Mainz

Über die Beeinflussung der Frühstadien
des Zahnsteins
mit Zahnsteinhemmstoffen

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt
von
Winfried Henkel
Mainz

1963



Dekan: Prof. Dr. Dr. K. Wagner
Referent: Priv. Doz. Dr. Dr. P. Riethe
Korreferent: Prof. Dr. J. Kluczka

Inhaltsübersicht

	<u>Seite</u>
Einleitung	1-10
Allgemeines	10-11
a. Struktur und Morphologie	12-14
b. Befestigung des Zahnsteins	14-16
c. Bakteriologie	16-19
d. Mineralogie	19-21
e. Organische Fraktion und Histochemie	21-22
Histochemie und Histologie	22-24
1. Supragingivaler Zahnstein	22-24
2. Subgingivaler Zahnstein	24-
f. In vitro Zahnsteinbildung	24-25
g. In vivo Zahnsteinbildung	26-28
Material und Methoden	29-
1. Versuchspersonen	29-
2. Untersuchungsmethoden am Probanden	29-32
3. Liegedauer der Folien	32-
4. Verarbeitung der Folien im Laboratorium	32-
Färbemethoden	34-39
I) Hämatoxylin-Eosin-Färbung	35-
II) Gramfärbung	35-
a) ohne Kernechtrotlösung	35-36
b) mit Kernechtrotlösung	36-
c) Muzikarminfärbung	36-39
d) Astrablaufärbung	36-37
e) PAS- und PAS-Phosphatase-Färbung	37-39
f) Hämatein-Eosin-Färbung	39-
Resultate	39-40
1. Versuchspersonen	39-40
2. Untersuchungsmethoden	40-
3. Verarbeitung der Folien im Laboratorium	40-
a) Fixation und Einbettung	40-
b) Schneiden	40-
Ergebnisse der Zahnsteinuntersuchung	40-52
I. Einen Tag alte Beläge	41-47
II. Zwei alte Tage Beläge	48-49
III. Drei alte Tage Beläge	49-50
IV. Beläge mit längerer Expositionszeit	50-

Zusammenfassung	53-54
Literaturnachweis	55-58

Einleitung

Bemühungen um die Entfernung des Zahnsteins gehören nicht erst seit der Entwicklung der modernen Zahnheilkunde zu den täglichen Aufgaben des Zahnarztes.

Bei Chupein, T.H. (1884) finden wir die ersten genaueren Angaben über die verschiedenen Zahnsteinarten. Der Autor weist auf die Fälle hin, bei denen sich hoch über den Zahnfleischrändern Ringe oder Knötchen von hartem Zahnstein befinden, so daß sich die Zähne lockern. Er berichtet von Fällen, wo der Ansatz so stark ist, daß die Zähne nur noch durch diesen gehalten werden und selbst nicht mehr sichtbar sind. In diesen Fällen käme eine Entfernung des Zahnsteines mit einer Extraktion gleich. Er unterscheidet den schwarzen Zahnstein bei den Rauchern, den grünen, der nach seiner Ansicht kompakter ist als der gelbe. Letzterer, als rahmartiger Niederschlag an den Zähnen zu finden, sei leichter zu entfernen.

Burchard, H. (1899) (zit. n. Willi, W. 1930) unterscheidet fünf verschiedene Sorten von Zahnstein:

1. Weiche, gelbliche Ablagerungen an oberen Molaren, aus dem Parotissekret stammend, das mehr CaCO_3 als $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ und statt des Muzins ein Globulin enthalte.
2. Zahnstein an unteren Frontzähnen, aus dem Sekret der Sublingualis und Submaxillaris.
3. Subgingivaler Zahnstein als Ring um den Zahnhals aus dem Speichel oder Serum stammend.
4. Knotige Ablagerungen an der Wurzel bei lang dauernder Pyorrhoe, als direkte Ausscheidung aus dem Blut oder Eiter.
5. Gichtischer Zahnstein bei gichtischer Nekrose des Perizementes nachweislich Harnsäure enthaltend.

Chupein schlägt vor, den Zahnstein mehr durch Abstoßen als durch Druck zu entfernen. Nach dem Autor erkennt man häufig den Beginn einer Zahnsteinablagerung an einer dunkleren Färbung des Zahnfleisches oder einer bläulichen, am Zahn selbst ersichtlichen Linie. Die Wirkung des grünen Weinstein bezeichnet er als eine zerfressende.

Miller, W.D. (1896) dagegen beschäftigt sich eingehender mit der Herkunft des Zahnsteins. Nach seiner Ansicht werden die in den Speicheldrüsen vorhandenen Calciumphosphate und Karbonate durch Kohlensäure in Lösung gehalten. Bei ihrer Entleerung in die Mundhöhle entweicht die CO_2 , und es kommt zum Niederschlag der Kalksalze, die hierbei organische Teilchen mit sich reißen und somit die organische Matrix ausmachen. Diese organische Matrix bleibt nach dem Entkalken als eine weiche zusammenhängende Masse zurück und besteht aus Schleim, Epithelzellen, Bakterien und Speiseteilchen.

Auch Bonwill, Younger, Mitscherlich (zit. n. Sachs, H (1914)) vertreten die Ansicht, daß es sich beim Zahnstein um eine Ablagerung aus dem Speichel handelt.

Nach den Untersuchungen Kusunoki (1940) ist bei zahnsteinpositiven Personen der Eiweißgehalt und die Viskosität des Speichels viel geringer als bei Zahnsteinnegativen. Dieses besagt, daß Eiweiß als Schutzkolloid auf die Ausfällung des Calciumphosphats hemmend wirkt.

Als Ergebnis der Eiweißuntersuchungen des Speichels betrachtet Kusunoki (1941,2) das Muzin im Speichel als einen wirksamen Gegner der Zahnsteinbildung. Sein Gehalt im Speichel steht im umgekehrten Verhältnis zum Grad der Zahnsteinbildung. Vagotonische Personen scheinen eher zur Zahnsteinbildung infolge ihrer Speichelzusammensetzung zu neigen. Das Muzin bindet eine viel größere Menge von Calcium als andere Eiweißteile. Und die hemmende Wirkung gegenüber

der Steinbildung beruht auf der Schutzkolloidwirkung.

Miller (1896) unterscheidet ebenfalls die zwei vorkommenden Zahnsteinarten, wonach sich der eine schnell niederschlägt und leicht zu entfernen ist, während sich der andere langsam ablagert und schwerer zu entfernen ist. Besonders stark tritt nach seiner Meinung der Zahnstein dort auf, wo die Zähne wenig durch Kauen beansprucht werden. Wenn auch der Zahnstein die Zähne vor Karies schützt, so würden sie doch locker werden. Darüber hinaus komme es zu Entzündungen am Zahnfleisch und somit zu den Anfängen der Alveolarpyorrhoe. Den subgingivalen Zahnstein bezeichnet Miller auch als Serumstein und seine Entstehungsart führt er auf Entzündungen des Zahnfleisches zurück, bei denen es zur Ausscheidung eines Sekretes kommt.

Eine Gruppe Forscher, zu denen Peirce, Paul und andere gehören (zit. n. Sachs 1914) sprechen ebenfalls von einem Serumstein. Sie vertreten aber die Ansicht, daß die Konkreme aus dem Blut stammen infolge einer Reizwirkung innerhalb der Alveole.

Die Begründung für diese Ansicht wird durch die Funde von bräunlich-roten Harnsäurekristallen bzw. harnsaurem Calcium und Natrium bekräftigt. Sie weisen nicht nur auf Zahnstein an unteren Schneidezähnen hin, sondern auch auf solchen an den bukkalen Flächen der oberen Molaren gegenüber den Ausführungsgängen der Parotis.

Galippe (zit. n. Kranz, P. u. K. Falck 1922) dagegen hält den Zahnstein für Pilzausscheidungen.

Senn 1906 (zit. n. Willi, W. 1930) nennt den Zahnstein die erste Ursache in der Mehrzahl der Fälle von Alveolarpyorrhoe.

Kleinsorgen 1908 (zit.n. Willi) weist darauf hin, daß die Hauptnahrungsmittel eine große Klebekraft besitzen und daß dadurch die Beläge nie durch Spülwasser, sondern nur mechanisch entfernt werden können.

Bail 1923 (zit.n. Willi) fordert eine periodisch vorgenommene mechanische Entfernung jeglichen Zahnbelages, da der Belag das Anfangsstadium für die Zahnsteinbildung sei. Auf den Belägen setzten sich Epithelien, Schleim, Speisereste und Bakterien ab, den weißen Zahnstein bildend, der als Kristallisationskern für die eigentlichen Zahnsteinablagerungen aus dem Speichel dient.

Freemann, J.A. (1898) aber bezeichnet Umwelteinflüsse als die verschiedenen Ursachen des Zahnsteins, wobei er eingehend auf das Klima, das Alter der Patienten und auf pathologische Veränderungen eingeht. Die Schnelligkeit, mit der sich der helle und der dunkle Zahnstein entwickeln, ist ganz verschieden, und da der dunkle ganz langsam und sich für den Patienten unmerklich bildet, wird er nur bei schnellem Entstehen des Weißen, weichen und meist schmierigen, den Zahnarzt aufsuchen. Zur Entfernung hebt er die Zahnsteinentfernungsinstrumente von Dr. A.W. Harlan und Dr. G. Cushing besonders hervor. Bei dem Zahnstein, der unter das Zahnfleisch ragt, sollten Instrumente mit rechtwinklig abgebogener Spitze verwandt werden, mit denen man unter die Beläge geht und dann von der Wurzelspitze zur Kaufläche hin nach oben zieht.

Trauner, K. u. H. Wischo (1920) weisen besonders auf das Auftreten des Zahnsteins bei älteren Leuten hin mit der Begründung, daß gerade diese in vorgeschrittenem Alter

nicht mehr so viel Kalksalze zum Knochenaufbau benötigen und somit diese überschüssigen Kalksalze zur Ablagerung an verschiedenen Stellen kommen, z.B. Arteriosklerose und Zahnstein.

Das schon bei Miller erwähnte Entweichen der CO_2 und anschließende Niederschlagen der Kalksalze wird nach Trauner durch eine Übersättigung verursacht.

1. In der Erkenntnis, daß schwerlösliche Elektrolyte, z.B. Sulfate, Phosphate, Karbonate des Kalziums, aber auch der Harnsäure usw., bei Anwesenheit von Eiweißkörpern eine sehr beträchtliche Erhöhung ihrer Löslichkeit erfahren.
2. In dem Bestehen übersättigter, sogenannter metastabiler Lösungen, welche auch ohne Spuren von Eiweiß zustande kommen, indem bei vielen Körpern die Neigung vorhanden ist, eine die wahre Löslichkeitsgrenze übersteigende Menge des Salzes, wenn diese einmal durch einen indirekten Weg in die Lösung gebracht worden ist, nicht wieder ausfallen zu lassen.
3. In dem Vorhandensein einer kolloidalen Lösung des Kalziumphosphates im Speichel.

Schon Ambroise Pare hat nach Kranz-Falck (1922) den Zahnstein als Ursache der Alveolarpyorrhoe angesehen. Nach Sachs finden wir bei über 80 % aller Menschen, die an Alveolarpyorrhoe leiden eine Vergesellschaftung mit dem Zahnstein.

Kranz-Falck fanden bei saurem Speichel weniger Zahnsteinanlagerungen als bei alkalischem. Kranz hat Versuche mit NH_3 -Dämpfen durchgeführt und hat dabei festgestellt, daß bei Zahnsteinansatz die Gesamtammoniakmenge um 58 % größer ist als der Durchschnittswert von Ammoniak im normalen Munde.

Nach Heinemann ist in einer normal durchbluteten Mund-

höhle mit gesunder Schleimhaut, bei der es nur zu geringer Schleimhauerneruerung kommt, nur wenig Zahnstein anzutreffen, da sich diese Epithelabscheidungen nicht mit dem Speichel inkrustieren können.

Black G.V. (1914) unterschied zwischen dem Zahnstein aus dem Speichel und dem aus dem Blut, dem sog. Serumal Calculus. Er macht weiterhin die Abscheidungen der Kalksalze abhängig von einem Verhältnis zwischen angenommener Nahrung und regelmäßigem Stuhlgang.

Sachs bezeichnet 1924 die biologische Mundhygiene als die Reinhaltung der Mundhöhle von schädigenden Eindringlingen.

Nach seinen Untersuchungen stehen die Ablagerungen des Zahnsteins in einem engen Zusammenhang mit psychischen Ereignissen.

Er fand bei Patienten mit regelmäßiger und guter Mundpflege nach gewisser Zeit dieselbe oder beträchtlich vermehrte Zahnsteinablagerung.

Die Industrie hat eine Reihe chemischer Mittel in den Handel gebracht, von denen als erstes das Solvolith von Herman zu nennen ist. Eine völlige Auflösung ist auch mit dieser Paste nicht zu erreichen, jedoch verhütet sie das tägliche Niederschlagen des milchig weißen

Belages. Rawitzer brachte dann die Litho-Paste heraus, die Bolus als Grundsubstanz verarbeitet.

Traube entwickelte seine Basacidon-Paste auf physikalisch-chemischer Grundlage. Dieser Paste ist außer dem zahnsteinlösenden Karlsbader Salz Rhodan, Aluminium und etwas Thymol beigegeben, um gleichzeitig eine antiseptische und zahnsteinlösende Wirkung zu erzielen.

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen der verschiedenen Pasten auf ihre Lösungsfähigkeit gegenüber Kalziumphosphat und Karbonat des Zahnsteins wurde lediglich bei der Traunerschen Paste (Wolff, Th. (1921)) nach einer Einwirkungszeit von 20 Stunden eine gering gelöste Menge des Karbonats aus dem Zahnstein nachgewiesen.

Trauner und Wischo (1920) empfehlen weiterhin zur Zahnreinigung die Alkalisalze der organischen Säuren, der Essig-Zitronen, -Salizyl, -Apfel, -Bernstein und -Benzoesäure.

Seifenzusatz muß nach Trauner-Wischo (1920) infolge der hydrolytischen Spaltung im Wasser vermieden werden, ebenso Kalziumsalze wie überhaupt alle Substanzen, die reichlich Kalk enthalten.

Eine Entfernung des Zahnsteins ist nach Kranz (1922) mit diesen Mitteln unmöglich, und es kann nur zu einer Auflockerung im Gefüge desselben kommen.

Die aufgelockerten Beläge sind dann mechanisch zu entfernen.

Nach Schoenbeck (1924) wirken auch Kochsalz, Natriumnitrat und Ammoniumchlorid in einer bestimmten Konzentration günstig auf die Lösung des phosphorsauren und kohlensauren Kalkes ein.

Türkheim, H. (1924) schreibt eine geringe zahnsteinlösende Kraft auch der Kaliklora, -Biox, -Odol, - und Kolynos-Paste zu.

Als amerikanische Pasten finden vor allem Acident und Pepsodent Beachtung, deren zahnsteinlösende Wirkung auf einem besonders hohen Säuregehalt beruht.

Während ständige Versuche zur Zahnsteinlöslichkeit durchgeführt werden, besteht nach Röse, C. (1927) bei der Bevölkerung noch immer die irrige Ansicht, der Zahnstein diene zum besseren Halt der Zähne, und dürfe nicht entfernt werden.

Herrenknecht, W. (1929) weist ausdrücklich darauf hin, daß es sich bei der gesamten Mundhygiene um eine prophylaktische Maßnahme handle.

Der Arbeit Willis, W. (1930) liegt ein völlig neuer Stoff zugrunde. Er untersucht das Sulforicinoleat in seiner Wirkung auf Zahnbeläge und Zahnstein. Die große Wirksamkeit, die er mit Sulforicinoleat erzielte, besteht darin, daß der Wirkstoff die klebenden Schleimstoffe, Speisereste und Eiweisse in kürzester Zeit zu emulgieren vermag.

Urbantschitsch, E.H. (1932) verwendet in seiner zahnsteinlösenden Paste Kalodont zusätzlich einen 6 %igen Zusatz von Sulforicinoleat. Die Sulforicinoleate sind seifenschleimartige Lösungen von sulfurierten Produkten gewisser Oxyfettsäuren. Der Zahnstein selbst verlor an Härte und ließ sich leichter entfernen. Das Sulforicinoleat hat allerdings nur einen Einfluß auf die organische Gerüstsubstanz und nicht auf die Kalksubstanz.

Nach Hüttenrauch, H. (1942) befindet sich an allen Zähnen, wenn nicht makroskopisch dann mikroskopisch, feine Zahn-

steinablagerung. Diese Ablagerungen werden stets bei Parodontosen angetroffen. Er brachte verschiedene Zahnsteinsorten mit verschiedenen prozentigen Flußsäurelösungen in verschieden schneller Zeit zum Lösen. Es können aber nur die Salze der Säure benutzt werden, da letztere die Zahnhartsubstanzen angreift.

Als Forschungsergebnisse über den ausgereiften und im Initialstadium des Verkalkens befindlichen Zahnbelag liegen in neuerer Zeit vorwiegend Arbeiten in englischer Sprache vor.

Die wichtigsten Abhandlungen zu diesem speziellen Thema haben Hodge, H.C. und Leung, S.W. (1950) und Leung, S.W. und Jensen, A.T. (1958) geliefert.

In letzter Zeit sind auch an der Züricher Universität von H.R. Mühlemann und Mitarbeitern entsprechende Arbeiten in deutscher Sprache erschienen.

Die entscheidenden Untersuchungen über die Zahnsteinbildung wurden am Ende des letzten Jahrhunderts besonders durch Prinz durchgeführt (zit. n. Schneider, U.K. (1959)). Seine Forschungstätigkeit erstreckte sich in der Hauptsache auf die Speichelsteine.

Weitere Arbeiten, die sich mit der Befestigung und der chemisch-bakteriologischen Zusammensetzung des Zahnsteins beschäftigen, gehen auf Zander, H.A. (1956), Mandel, J.D., Levy, B.M., Wassermann, B.H. (1957/58), Voraedis, E.G. und Zander, H.A. (1958) und seit 1957 auf Mühlemann und Schneider, U.K. u.a. zurück.

Die Untersuchung des Zahnsteins kann nach Schneider an:

1. Fertig ausgereiftem,
2. In-vitro gebildetem und
3. In-vivo gebildetem

Zahnstein durchgeführt werden.

1. Der fertig ausgereifte Zahnstein kann von verschiedenen Richtungen aus betrachtet werden.
 - a. Struktur und Morphologie
 - b. Art der Haftung ("Attachment")
 - c. Bakteriologie
 - d. Mineralogie
 - e. Organische Fraktion und Histochemie

Allgemeines

Wie es zur Bildung von Zahnbelag und Zahnstein kommt, ist bisher noch nicht in allen Ursachen abgeklärt. Eine Stagnation des Speichels ist sicher wesentlich daran beteiligt, da die stärksten Konkrementbildungen in unmittelbarer Nachbarschaft der Drüsenausführungsgänge zu finden sind. Bei mikroskopischer Betrachtung des Zahnbelags fällt ein Filzwerk von fädigen Mikroorganismen auf, die teils verzweigt, teils unverzweigt sind.

In den Maschen dieses Netzwerkes, besonders aber beim weichen Zahnbelag, finden sich als Hauptprotozoen der Mundhöhle: *Trichomonas tenax* und *Entamoeba gingivalis*. Daneben sind vergrünende Streptokokken, gramnegative Diplokokken, grampositive Haufenkokken, Actinomyceten und andere vorhanden.

Der Zahnstein besteht zu einem geringen Teil aus organischen Substanzen: 8 % Eiweißkörpern als Keratin, Muzin, Nucleoproteid und 3 % Lipoiden. Zum größeren Teil aber setzt er sich aus anorganischen Verbindungen, hauptsächlich Kalziumphosphat, Kalziumkarbonat und außerdem Magnesiumphosphat zusammen (zit. n. Berger, U. (1955)).

Histologisch ist eine kräftig färbbare äußere Schicht mit einem Netzwerk grampositiver verzweigter Fäden und eine schwächer färbbare innere Schicht mit nur vereinzelt Fäden erkennbar. Man vermutet eine organische Matrix

aus Strahlenpilzen als Grundlage für die Kalkablagerung. Das gelbe Pigment markiert nach Urbantschitsch, E.H. (1933) ein rhythmisch an- und abschwellendes Wolkenwerk, eine alte Kolloidschichtung und Ringung abbildend und in pigmentarmen Feldern Inseln darstellend. In diesen Inseln kommt es dann zur Kristallitenbildung. Das Pigment selbst finden wir in erster Linie in der organischen Zwischensubstanz und in den Hohlräumen als ganze Schollen oder Körnchen.

Bei der Verkalkung haben wir im ersten Stadium auf organischer Grundlage eine kolloidale Ausscheidung von Phosphat. Karbonat bleibt in Lösung. Im zweiten Stadium rhythmisches Umkristallisieren im Phosphatkörper und Ausfallen des Karbonats als Aragonit. Mit dem weiteren Wachstum des Zahnsteins verstopfen sich die Zirkulationswege im Innern.

Naeslund, C. (1926) sah die Ursachen der Zahnsteinbildung im Stoffwechsel der Actinomyceten. In Actinomyceten-Kulturen der Mundhöhle hat man die Bildung der typischen sargdeckelförmigen Kristalle des Magnesiumammoniumphosphates ($Mg NH_4 PO_3$) beobachtet (vgl. Berger, U. 1955).

Waerhaug, J. (1950) glaubte auf Grund von Untersuchungen an Probanden die Blutbestandteile für die Bildung des Subgingivalzahnsteins verantwortlich machen zu können. Er bewies den ständigen Fluß von Blutserum und weißen Blutzellen aus der Zahnfleischtasche in die Mundhöhle und sah das Blutserum als Lieferanten der Mineralsalze im Subgingivalzahnstein an.

Generell unterscheiden wir heute zwischen Supra- und Subgingivalzahnstein, wobei ersterer Gegenstand unserer Arbeit ist.

a. Struktur und Morphologie

Der zunächst lose der Zahnoberfläche anhaftende Zahnbelag geht mit steigendem Alter in einen festen ausgereiften Zahnstein über, der dann nur mit Zahnsteinentfernungsinstrumenten zu beseitigen ist.

Bei einer Untersuchung über die Löslichkeit einer Speichelsteinzusammensetzung mit verschiedenen Mitteln, nahm Grossmann, L.I. (1954) anstatt der Speichelsteine, da diese schwerer zu beschaffen, Zahnstein. Von diesen bei ihm erwähnten 21 Mitteln waren jedoch 11 dabei, die nicht nur den Zahnstein in geringer Menge lösten, sondern auch den Schmelz ätzten. Mit Ex 347, das den Schmelz nicht beeinträchtigte, konnte er die Speichelzusammensetzung und den Zahnstein lösen. In einigen Fällen konnte er den Zahnstein gänzlich lösen oder aber auf einen ganz geringen Betrag reduzieren.

In der letzten Arbeit von Mühlemann, H.R. (1962) versuchte der Autor zu klären, ob durch das Verabreichen von Kalzium und Phosphat in Form von Tabletten eine Erhöhung der Belagsdicke erreicht werden kann.

Dieses jedoch war nicht der Fall, dafür aber wurden große Unterschiede in der Geschwindigkeit der Zahnsteinbildung nachgewiesen.

Hepburn, Ch. (1962) weist mit Nachdruck auf die Unterscheidung des Zahnsteins, der subgingivalen Konkreme und der damit verbundenen Kurettage hin. Diese subgingivalen Konkreme sind an allen Zähnen zu finden, in erster Linie subgingival. Der Zahnstein ist infolge seines hohen Gehaltes an organischer Matrix nicht so hart wie die hauptsächlich anorganischen Kristalle der subgingivalen Konkreme. Die subgingivalen Konkreme sind rau und scharfkantig und ihre Haftintensität ist gegenüber dem Zahnstein sehr groß. Von den angebotenen chemischen Mitteln zur Entfernung

des Zahnsteins rät er ab, da diese als mehr oder weniger aggressive Säuren unter Umständen auch den Schmelz angreifen. Für die Entfernung des subgingivalen Zahnsteins empfiehlt er absprengend-schabende oder feilende Instrumente. Die feilende Methode kann unterstützt werden durch die von Harndt angegebene 15 %ige Schwefelsäure, die durch Phyloroglucin abgepuffert ist.

Als Handinstrumente zur Beseitigung der subgingivalen Beläge gibt Hepburn die Ash-Scaler, -Ash- Hackenscaler, die Tompkins oder Drum-Feilen, - als Maschinen-Instrumente den " Rotopro " an. In diesem Zusammenhang findet auch die Vibra-Matic der Fa. Ritter Verwendung.

Der ausgereifte Zahnstein besteht zu 10 bis 30 % aus organischem Material und Wasser, zu 70 bis 90 % aus anorganischen Komponenten.

Eine neuere Arbeit über die Feinstruktur des Belages stammt von Mandel, J.D. und Levy, B.M. (1957), die bei Zahnstein, der in gepuffelter Ameisensäure entkalkt wurde, eine fein granulierte Matrix fanden.

Nach Zander, H.A. (1953) wird diese Mineralablagerungen enthaltende organische Matrix von Mikroorganismen, besonders den Actinomyceten gebildet.

Mit Hämatoxylin-Eosin-Färbung erscheinen die Granulamassen azidophil. Dazwischen liegen feine basophile Fibrillen. Zwischen den Granulamassen sind die sogenannten "incremental lines", die den Wachstumslinien des Knochens ähneln. Sie sind basophil, gelappt und selten azidophil.

Den Hauptbestandteil der Zahnsteinmatrix bilden die azidophilen Granulamassen mit basophilen Fibrillen, die aus granulierten Filamenten mit einigen Stäbchen und Kokken bestehen.

Die Zahnsteinoberfläche ist von amorphen Filamenten bedeckt, die sich unschwer von den basophilen Fibrillen unterscheiden lassen. Die Filamente enden fein verästelt

oder mit einem runden Köpfchen. Oft sieht man im Filamentrasen auf der Zahnsteinoberfläche Zellen eingelagert.

b. Befestigung des Zahnsteins

Die Zahnsteinbefestigung ist bis heute ungeklärt. Bibby, B.G. (1935) betrachtet die Leptotricheen als Basis der Befestigung. Zander (1953) dagegen (Root Surfaces) sieht die Bakterien als primäre Ursache an. Mandel, J.D. und Levy, B.M. (1957) sprechen von einer Cuticula zwischen Zahnstein und Zement. Die wichtigsten Befestigungsarten wurden von Zander in seinen Arbeiten über das Attachment an der Wurzeloberfläche und der Arbeit über die Cuticular Calculus Attachment dargelegt. Hierbei unterscheidet er vier Grundtypen des Attachments:

1. Die organische Matrix des Zahnsteins ist an der Cuticula dentis befestigt, welche durch den Epithelansatz des inneren Saumepithels gebildet wird. Sie bleibt auf dem Schmelz bzw. dem Zement liegen, wenn das Epithel von der Zahnoberfläche zurückweicht. Die Cuticula dient den Mikroorganismen als Unterlage.
2. Die Cuticula ist nach Zerstörung durch Mikroorganismen entfernt und die Zahnsteinmatrix ist in kleinen Unebenheiten der Zementoberfläche verankert.
3. Mikroorganismen sind in den Zement eingedrungen und haben sich mit den Organismen der Zahnsteinmatrix verbunden.
4. Der Zahnstein ist in aufgelösten Zementflächen verankert.

Die Cuticulasubstanzen werden nach Waerhaug betrachtet als "Erste Haut" (Bildung durch die Ameloblasten) und als "Zweite Haut" (Hornstruktur gebildet von den schuppigen

Zellen der Epithelbefestigung).

Der Autor ist der Ansicht, daß beide Schichten von der gleichen Beschaffenheit sind. In ihrer Qualität sind sie ähnlich dem Schmelzhäutchen, die jedesmal nach Entfernung auf der Zahnoberfläche von neuem gebildet werden. Dieses Häutchen ist keratinähnlich und charakterisiert durch das Fehlen von Struktur und Mikroorganismen. Mandel (1957) und andere beobachteten eine Haut auf Cellulose Streifen zwischen Cellulose und Bakterien-Plaue.

Nach Zander besteht selten ein einzelner Typus der Befestigungsart, vielmehr kommen alle 4 Arten kombiniert vor, wobei 3 und 4 jedoch überwiegen.

Schroff (zit. n. Schneider 1959) beobachtete ebenfalls ein hautähnliches Attachment, das apikalwärts zuerst an Festigkeit zu-, dann aber wieder abnahm.

Ein weiterer Ort der Ablagerung wird von Zander als die Zement-Schmelz-Verbindung angegeben. Dieses scheint ein geeigneter Ablagerungsplatz infolge anatomischer Unregelmäßigkeiten zu sein, wo stets ein Zwischenraum vorhanden und somit das Dentin frei liegt.

Eine weitere Ansicht über die Zahnsteinbefestigung stammt von Mandel und Levy (1957).

Diese Autoren wollen ein inamorphes, manchmal basophiles oder azidophiles, schichthäutchenähnliches Material, welches den Zahnstein von Zement und Dentin trennt, beobachtet haben.

In einigen Schnitten erscheint die Masse mit incremental lines des Zahnsteins einheitlich. In einigen Teilen ist sie Schiff-positiv, in anderen derselben Schnitte dagegen

zeigt sich mit Schiff-Leukofuchsin keine Färbung. Mit Chevremont-Frederic Reaktion auf SH Gruppen tritt neben blau gefärbtem auch ungefärbtes Material auf. Wo vorhanden, dient dieses Häutchen als Trennung zwischen Zahn und Zahnstein. Wo das Häutchen fehlt, können Filamente, die aus der Zahnsteinmasse entstehen oder in Zement und Dentin eindringen, gesehen werden (Mandel, Levy 1957).

Zusammen mit den Scharpey'schen Fasern durchdringen sie einzelne Stellen. Sind sichtbare Schäden im Zement oder im Dentin vorhanden, so folgt sehr oft das Häutchen in die Defekte, die befestigten Filamente des Zahnsteinstromas mit sich nehmend. Fehlt das Häutchen, dann folgen die Filamente den Schäden direkt.

Stets sind diese Bänder der Filamente an Spitze und Krone der Zahnsteinmasse vorhanden und an der Wurzeloberfläche oder Haut befestigt. Diese Massen scheinen fast vereint, in dem die Filamente wie Motten auf dem Zahnstein liegen.

Die Filamente sind meist in rechten Kurven an der Zahnsteinoberfläche angeordnet und folgen den Oberflächenveränderungen.

Es wurde keine Zahnsteindurchdringung durch Zement und entlang der Dentin-Zement-Grenze beobachtet. Warneben Zahnsteinmassen Caries vorhanden, so erscheinen die Filamente entlang der Wurzeloberfläche, verbunden mit Bakteriendurchdringung in cariösen Bezirken.

Diese Bakterienmasse ist kein entkalkter Zahnstein, dagegen mehr eine Bakterien-Plaue verbunden mit der Masse, die auf dem Zahnstein liegt.

c. Bakteriologie

Die Plaques sind die Grundlagen der Zahnsteinbakteriologie.

Nach Mandel-Levy (1957) sind, histologisch gesehen, die Bakterien-Plaque auf der Caries, dem Zahnstein und der Wurzeloberfläche identisch.

König (zit.n. Mandel-Levy 1957) vermutet, daß sogar die Bakterien-Plaque der gemeinsame Vorläufer von Caries und Zahnsteinbildung ist.

Die Fadenformen haben eine besondere Eigenschaft sich an glatte Oberflächen anzuschmiegen. Die kleineren und mehr säurebildenden Bakterien werden am Rande abgelagert.

Nach Winkler, K.C. und Backer-Dirks, O. (1958) besteht die Plaque zu 70 % aus Bakterien. In überwiegender Zahl Anaerobier, wovon die Streptokokken den Hauptbestandteil bilden. Die Bakterienflora des Speichels ist nicht die Bakterienflora der Plaque.

Von Davis, G.H.G. und Baird-Parker, A.C. (1959) wurden *Leptothrix buccalis* (ein fusiformes Bakterium) und *Leptothrix dentium* (aus der Gruppe der Actinomyceten) als wichtigste Plaquefilamente betrachtet.

Mandel-Levy-Wassermann (1957/58) benutzten in ihrer Arbeit Celluloid-Folien, die sie um die unteren Schneidezähne legten, um die Bakterien-Plaque zu untersuchen und differenzierten weitere Filamente: Eine umfangreiche Menge von Organismen wurde isoliert, besonders haemolysierende.

"Streptokokkus viridans, Staphylokokkus albus und aureus, Lactobazillus acidophilus und bifidus, monilias und zahlreiche verzweigte und unverzweigte Filamente."

Es zeigten sich einige verschiedene Fadenorganismen in der noch unverkalkten Matrix. Rauhe oder glatte Kolonien der *Actinomyces israeli* wurden so gut wie pigmentierte Kolonien entdeckt, sehr ähnlich dem *A. hominis nocardia corallina*, *Nocardia rangoonensis* und *Nocardia mesenterica*.

Die Plaquebefestigung an den Folien bestand aus einer amorphen und feinen Granula-Matrix, in der große Mengen grampositiver und -negativer kokkoider Bakterienformen und einige Filamente eingelagert waren. Die Plaque selbst ist stark Schiff-positiv, Mucicarmin positiv und acidophil.

Es ist möglich, daß Speichelkonkremente chemische, histochemische und strukturelle Eigenschaften mit anderen Verkalkungen des Organismus gemein haben. Eine Methode ist allen gemeinsam, nämlich die Eigenschaft des Carbohydaseprotein-Komplexes als ein Teil des "local factor". Die ursprünglich aus Bakterien und Speichelelementen gebildete Speichelsteinmatrix ist in einigen Fakten vergleichbar mit den gewöhnlichen Kalkbildungen des Knochens und Knorpels.

Kokken und Stäbchen, die Hauptmikroorganismen der Plaque (über 90 %) sind vorwiegend grampositiv, zu einem kleineren Teil gramnegativ.

Bibby (1935), Mandel und Levy (1957) vertreten ebenfalls die Ansicht, daß hauptsächlich Filamente, Kokken, Actinomyceten und Leptotricheen die Zahnsteinmatrix bilden.

Die histologische Untersuchung des supra- und subgingivalen Zahnsteins unterstützt die frühen Beobachtungen Naeslunds, daß die Matrix in erster Linie aus Filamenten oder fadenähnlichen Mikroorganismen besteht. Die Gegenwart verzweigter Filamente mit und ohne intracelluläre Körnchen sowie die kugelförmigen, strahlenpilzartigen, dargestellt mit Mallory-Actinomyces-Farbe, unterstützt die Ansicht, daß Actinomyceten einen großen Teil der Matrix ausmachen. Nicht verzweigte Fäden sind in Überfülle vorhanden. Naeslund

wies sehr auf die Gegenwart amorpher Massen mit filamentartigem Netzwerk der Zahnsteinmatrix hin.

d.- Mineralogie

Die anorganischen Zahnsteinfractionen stimmen mit anderen anorganischen Körperbestandteilen weitgehend überein. An erster Stelle Hydroxylapatit, eine Ca-Phosphat-Verbindung. Diese Verbindung kommt außerdem im Schmelz, Dentin, Knochen und anderen pathologischen Verkalkungen vor (vgl. Schneider). Neben dem Hydroxylapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) kommen Whitlockit ($\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), Brushit ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) und Calcium-Carbonat (CaCO_3) vor. (Vgl. die zusammenfassende Darstellung von Schneider.)

Im Zahnstein ist wesentlich mehr Whitlockit gefunden worden, als ursprünglich angenommen. Dagegen ist der Gehalt des Whitlockit der Speicheldrüsen-Absonderungen viel geringer (Jensen, A.T.(1954)).

Eine Übersättigung an Brushit verlangt einen höheren pH Wert als dieses für eine Übersättigung an Apatit erforderlich wäre, wobei eine konstante Konzentration von Kalzium und Phosphat Voraussetzung ist. Der pH-Wert ist nach Angaben von Nielson und Ericsson (zit. n. Jensen) im Mandibularspeichel höher als im Parotisspeichel, was die Zahnsteinbildung begünstigt.

Der Speichel der Parotisgegend ist nicht mit Brushit gesättigt, während der Mandibularspeichel damit übersättigt ist. Brushit ist ein weicher Kristall und löst sich wesentlich leichter als Apatit, der härter ist.

Der Whitlockit ist zahlreicher im subgingivalen als im supragingivalen Zahnstein.

Durch den Einbau von Mg-Atomen (Rowles, S.L. (1958)) wird das Kristallgitter des $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ erheblich versteift. Es schrumpft, wird dichter, wobei die Löslichkeit herabgesetzt wird.

Nach Untersuchungen von Tonogai, K. (1957) besteht die Kristallstruktur des Zahnsteins aus einem Apatit. Zwischen den vorderen und hinteren Zähnen besteht innerhalb der Struktur eine geringe Differenz. Der Zahnstein enthält außerdem nach den oben genannten Substanzen noch geringe Mengen von Zink, Nickel, Strontium, Barium und ganz geringe Spuren von Cobalt und Eisen.

Der Zahnstein, der sich auf den Oberflächen von Prothesen oder Füllungen befindet, enthält zusätzlich geringe Spuren der Legierungen.

In den Mundhöhlen, in denen man Metalle für Prothesen oder Füllungen verwendete, konnten Spuren dieser Legierungen in dem Zahnstein der Zähne festgestellt werden, die jedoch mit den Metallen nicht in Berührung zu kommen brauchen.

Eine große Rolle spielt bei den Belägen auch die Dicke. Nach Westerden, E.M. (1958) enthält der Zahnstein im Gegensatz zum Speichelstein mehr Octacalcium-Phosphate, der wiederum in den tieferen Schichten gefunden wurde.

Als Bindemittel dienen Muzin, Eiweißstoffe und Fett (Trauner, K. (1920)). Je nach der Zusammensetzung der oben erwähnten Substanzen und der Bindemittel wird die Konsistenz des Zahnsteins wechseln. Zahnstein, welcher vorwiegend Kalziumkarbonat und sekundäres Kalziumphosphat enthält, wird weicher sein als solcher, in dem unlösliches tertiäres Kalziumphosphat in größeren Mengen vorhanden ist.

Sicher wird eine beträchtliche Menge des Kalziumkarbonats im Zahnstein aus dem Trinkwasser sowie aus den Speisen stammen. Für das Niederschlagen des Kalziums aus den metastabilen Lösungen in der Mundhöhle sind nach Trauner folgende Einflüsse von großer Wichtigkeit:

Erstens: Die Austrocknung des am Mundboden stehenden Speichels beim Sprechen und Atmen.

Zweitens: Die Erschütterung der vibrierenden Zunge und Wangen bei der Atmung.

Drittens: Durch Erschütterung des Expirationsluftstromes.

Bei mangelhaft gepflegtem Mund und besonders bei Mundatmung kann die Bildung von Inkrustationen an den Zähnen rasche Fortschritte machen. Gerade die mit Zahnsteinbildung behafteten Menschen geben in erster Linie Knirschen, Schnarchen und ein Austrocknungsgefühl beim Erwachen an.

e. Organische Fraktion und Histochemie

Subgingivaler und supragingivaler Zahnstein zeigen keinen wesentlichen Unterschied in ihrer Zusammensetzung.

Hodge und Leung (zit. n. Mandel-Levy 1957) führen aus, daß die hierüber durchgeführten Analysen übereinstimmen und ebenfalls das gesamte Calcium-Phosphat im Körper eine bemerkenswerte Beständigkeit in seiner Zusammensetzung habe.

Eine Untersuchung der organischen Struktur des subgingivalen Zahnsteins ergab Keratin, Nucleoprotein, Muzin und Fett.

Die quantitative Bestimmung des Muzins erfolgt nach Aussagen von Knox, K.W. (1953) mit Hilfe des ACRA-Titers (Acid Congo Red Alcohol). Die Muzingehaltsdifferenz zwischen stimuliertem und nicht stimuliertem Speichel ist sehr gering. Muzin und Muzinate können von bestimmten oralen Mikroorganismen hydrolisiert und verdaut werden.

In einer Arbeit berichtet Knox, daß Magnesium die Muzinaseaktivität fördert, während Cyanide, Oxalate, Pyrophosphate und andere Substanzen diese hindern, da sie Kalzium oder Magnesium binden.

Über den Ursprung der organischen Bestandteile des supragingivalen Zahnsteins liegt keine Arbeit vor.

Es wurde angenommen, daß der organische Bestandteil des supragingivalen Zahnsteins von abgestoßenen Epithelzellen, Speiseresten, Nasenschleim und Bakterien gebildet wird (Mandel-Levy 1957).

Naeslund beschrieb die Entstehung der Kalksteinmatrix wie folgt:

"Teilweises Maschennetzwerk, teilweise gebildet von gegenseitig gebundenen, abgewinkelten Fadenactinomyceten und teilweise von geraden, parallelen Streifen umwickelten Fäden, die den Leptotricheen ähneln. In diesem Netzwerk waren größere oder kleinere Mengen amorpher Substanz, sowie andere Mikroorganismen, in erster Linie Kokken und fusiforme Bakterien zu erkennen." (Zit. n. Mandel-Levy 1957).

Im Ursprung der Mineralsalze des subgingivalen Zahnsteins besteht keine Einheitlichkeit. Waerhaug bewies in Experimenten mittels Farben, daß Speichel nicht unter das Zahnfleisch gelangt und daß der Ursprung der Mineralsalze im subgingivalen Zahnstein Blut oder blutähnliche Flüssigkeit sei. Ebenso können Blut und Speichel eine ausreichende Konzentration der Calcium- und Phosphat-Ionen für eine Verkalkung erzeugen. Eine wichtige Rolle bei der Verkalkung muß den Lipiden und dem Karbo-Hydrase-Protein-Komplex eingeräumt werden.

Histochemie und Histologie

1. Supragingivaler Zahnstein

Mit Hämatoxylin und Erythrosin-Färbung erscheint der Zahnstein als eine blasse von feinen acidophilen Granula durchzogene Masse. Die Zahnsteinoberfläche ist bedeckt von feinen

"amphophilic" Filamenten, die sich wahrscheinlich aus basophilen Fibrillen entwickeln. Die Filamente endigen entweder als dünne gewundene Arme oder als kleine Kugeln. Viele Filamente enthalten feine acidophile Körnchen. Die Menge von acidophilem und basophilem Material besteht aus Fäden oder Filamenten. Zufällig findet man Kokken und Stäbchen in der Zahnsteinmasse. An einigen Stellen bestehen Inseln von amorphbasophilem Material, entsprechend der Grundsubstanz in anderem verkalktem Gewebe. Dieses Material ist fein fibrillär. Die gewonnenen Linien sind meist basophil, manchmal aber auch acidophil. Einige dieser Linien sind grünlichgelb, wahrscheinlich eingefärbt von Hämatoxylin-Erythrosin. Sie sind mehr fibrillär als amorph. Selten sieht man einen Einschluß von abgestorbenen Epithelzellen, Erythrozyten und Monozyten.

Bei Verwendung der Mallory Actinomyces Färbung erscheint das Stroma blau, die "incremental lines" dagegen gelblichgrün. Die Kokkenformen sind häufiger. Teilweise sind Bakterienkolonien im Stroma mit strahlenpilzähnlichem Aussehen vorhanden.

Mit der gewöhnlichen Schiff-Reaktion zeigen sich Flecken von streng Schiff-positivem Material in der Zahnsteinmasse. Viele der Kokken und Filamente zeigen verschiedene Intensitäten positiver Färbung. Einige Strahlenpilzkolonien sind an der Zahnsteinperipherie tief gefärbt. Eine Vorbehandlung der Schnitte mit Hydroxylamin vermindert die Färbintensität um einen geringen Grad. Vorbehandlung mit PH 7.0 Phosphat-Puffer, Mylase und Diastase verändert die Färbereaktion nicht.

Alkoholfixierung und Versene-Entkalkung beeinflussen die Intensität oder Lokalisation des Schiff-positiven Materials nicht. Toluidin blau und Thionin-Färbung enthüllen Flächen von Metachrom, meist im amorphen Hintergrund mehr als in

den Filamentorganismen. Einige der Fadenformen sind metachromatisch.

Das mit Mucicarmin in Alkohol und Formalin fixierte Material zeigt den Hintergrund leicht positiv gefärbt, während die Organismen nicht alle gefärbt sind. Verschnittschnitte von Speichel-Mucin geben ähnliche positive, dunklere Farbreaktionen (vgl. Mandel u. Levy).

2. Subgingivaler Zahnstein

Histologische Erscheinungen des subgingivalen Zahnsteins sind meist nicht von supragingivalem Zahnstein zu unterscheiden. In einigen Fällen erscheint das Stroma kompakter und in den "incremental lines" verschieden. Diese Ausschüttung bedeckt ein sehr enges Band von filamentartigem oder fädigem Plaques-Material und besteht aus Fibrin und Erythrozyten, Polys, in verschiedenen Graden der Degeneration, Monozyten und anderen flammenförmigen Zellen.

Die Oberfläche des Zahnsteins ist von einer dünnen Filamentmasse bedeckt. Die Filamente werden vom Zahnstein durch besondere "incremental lines" abgegrenzt. Die Spitzen der Filamente besitzen oft intensive Färbung der Masse, die aus verzweigten, unverzweigten, granulierten und nicht granulierten Filamenten besteht, eingebettet in ein Stroma Schiff-positiver fein spheroidaler Körnchen.

Lipide haben Anteil an der Verkalkung. Ebenfalls einen Anteil an der Verkalkung haben Carbohydrase-Protein-Komplexe, nachgewiesen in sub- und supragingivalem Zahnstein.

f. In-vitro-Zahnsteinbildung

Eine Reihe wissenschaftlicher Arbeiten wurde bereits über die in vitro-Zahnsteinbildung veröffentlicht.

Leung arbeitete mit einer Speichellösung und verschiedenen Testzusätzen. Um an extrahierten Zähnen künstlich Zahnstein zu erzeugen, entwickelte er ein Gerät, in welchem diese

Zähne abwechselnd eingetaucht wurden. Frühere Methoden verlangten, daß extrahierte Zähne ständig im Speichel oder einer Testsubstanz eingetaucht blieben. Diese Voraussetzung aber ist beim normalen Kausystem im Mund nie vorhanden. Bei der Anordnung der Zähne in vivo sind diese während des Sprechens, Atmens und Essens nicht ständig dem Speichel sondern auch der Luft ausgesetzt. Diese Phasen der Luftaussetzung werden verantwortlich gemacht für die Zahnsteinbildung bzw. ihre Vermehrung. Mit dieser Methode wurden Ergebnisse erzielt, die quantitativ höhere Werte ergaben als die Versuchsweise des beständigen Eintauchens.

Die untersuchten Ablagerungen haben gezeigt, daß sie ähnlich dem natürlichen Zahnstein in ihrer organischen und feuchten Beschaffenheit sind sowie in ihrer Calcium- und Phosphorkonzentration.

Die Versuchsanordnung fand sowohl unter Hinzufügung verschiedener Substanzen zum Speichel als auch unter Bedeckung der Zahnoberfläche mit verschiedener Zusammensetzung und schließlich unter Veränderung der Bakterienflora des Speichels Verwendung.

Eine weitere Arbeit Leungs, S.W. (1955) über die in vitro Zahnsteinbildung erschien unter dem Gesichtspunkt, bestimmte Lactone auf die Zahnsteinbildung einwirken zu lassen.

Hierbei wurden bestimmte Lactone als hinderlich bei der künstlichen Zahnsteinbildung an extrahierten Zähnen nachgewiesen, wenn man sie in einer Konzentration von 0,5 % dem Speichel zufügt. Die Vorgänge wurden zweimal täglich wiederholt, wobei die Zähne sich im alternierenden Immersionsapparat befanden. Es wurde Galaktonolacton und Glukuronolacton in 5 %iger Lösung benutzt, wobei eine Verkalkungshemmung festgestellt werden konnte. Mit 0,5 %iger Mucinase (Prolase 100 und Mylase L-1), dem Speichel zugesetzt, erwirkten van Hysen, G. und Bhatavadaker, V. (1955) eine klare Hemmung der Zahnsteinbildung.

g. In vivo Zahnsteinbildung

Eine Arbeit über die Epithelbefestigung mittels Filmstreifen brachte Zander (1956) auf den Gedanken, diese Folien als Zahnsteinträger zu benutzen. Zander zog zunächst Kunststofffolien, Cellulose-Acetat-Folien (0,1 mm dick) heran, um später Mylar-Polyester-Folien (0,025 mm dick) zu verwenden. Mandel, Levy, Wassermann (1957/58) befestigten parabelförmig zugeschnittene Celluloidbänder (0,070 mm dick) mit Drahtligaturen an unteren Schneidezähnen.

Voraedis, E.G. und Zander, H.A. (1958) untersuchten auf diese Weise ebenfalls den Zahnstein.

Zander (1959) ging dann zu den doppelsandgestrahlten Mylar-Folien über, die infolge der besseren Haftfähigkeit bessere Resultate ergaben. Zander hat bereits in seiner Arbeit Cuticular-Calculus-Attachment auf die 4 Befestigungsarten hingewiesen, wobei das Folienmaterial nicht ganz der Zahnoberflächenbeschaffenheit entspricht. Die durch eine sandgestrahlte Oberfläche verbesserte Folienmethode wurde in den Jahren 1959/60 von Hazen, St.P. und Zander, H.A. (1959) Baer, P.N. und Burstone, M.S. (1959), von Zander, H.A., Hazen, St.P. und Scott, D.B. (1960) und Hazen, St.P. (1960) angewandt.

Bei den Folien handelt es sich um die Mylar-Folien der Firma Du Pont.

(Type A 100, Dicke 0,001 inches. Firma E.I. Du Pont de Nemours und Co., Inc. Wilmington, Delaware U.S.A.)

Die letzte Arbeit dieser Richtung erschien 1959 von Mühlemann-Schneider an der Züricher Universität. Sie untersuchten zunächst Seiden-, Leinen-, Baumwollstoffe, Papier-Kunststoff-Streifen, später Cellulose-Acetat und Mylar-Polyester-Folien. Die besten Versuchsergebnisse erzielten sie mit den Mylar-Folien.

Mandel, J.D., Levy, B.M., Wassermann, B.H. (1958) benutzten

Celluloidfolien, die sie an unteren Schneidezähnen befestigten. Die Bakterien-Plaques, als erstes Anzeichen der Zahnsteinbildung, begannen nicht vor 3 Tagen zu verkalken. Die Folien wurden mit den unverkalkten Belägen vor der Verkalkung aus dem Mund entfernt. Die Autoren stellten eine künstliche Lösung zur Verkalkung her, so daß der Calcium-Phosphor-Spiegel und pH den Werten des Speichels entsprachen. Nach 55 bis 60 Stunden wurden die Folien mit den Bakterien-Plaques aus dem Mund entfernt und zur Verkalkung gebracht.

Die überall benutzte Lösung wurde aus einer sterilen Basalt-Salz-Lösung hergestellt 0,7 M NaCl, 0,05 M KCl und 0,22 M NaHCO_3 enthaltend.

Diese Grundlösung wurde mit sterilem H_2O verdünnt, K_2HPO_4 wurde hinzugesetzt, um eine Konzentration von 12 mg % des P zu erhalten. CO_2 wurde durch die Lösung gepumpt, um den PH von 6 zu halten. Dann wurde CaCl_2 hinzugegeben, um eine Konzentration von 4 mg % Ca zu erhalten. Der PH wurde mit hindurchgepreßter Luft auf 7 gebracht.

Calcium und Phosphorspiegel waren vergleichbar mit dem Gehalt der iso-ionischen Konzentration im Speichel. Eine 15minütige 10 %ige neutrale Formalinbehandlung hatte keinen Einfluß auf die Verkalkung, wie es mit Alizarin rot S-Färbung und Silbermethode nach von Kossa gezeigt werden konnte. Die Hinzugabe von Mylase, L-1 (Wallenstein), Prolase 100 (Wallenstein), β - glucuronidase und acetyl. Säure in Konzentration 1 mg per cc zur Lösung hatte nur geringen oder keinen Einfluß auf die Verkalkung.

Testicular hyaluronidase in gleicher Konzentration dagegen wirkte hindernd auf die Menge der Verkalkung.

In neueren Arbeiten äußerten sich die gleichen Autoren über die Beziehungen zwischen dem Speichelkalk und anderen Verkalkungen, wobei sie besondere Beachtung dem Carbohydase-

Protein-Komplex schenken. Dieser Komplex ist wahrscheinlich ein örtlich gebundener Faktor, der die Verkalkung des Gewebes begünstigt.

Material und Methoden

1. Versuchspersonen

50 Probanden beiderlei Geschlechts, vorwiegend männliche Personen im Alter von 20-40 Jahren standen uns zur Untersuchung zur Verfügung. Die Auswahl dieses Personenkreises erstreckte sich auf Personen mit einer raschen und intensiven Zahnsteinbildung.

2. Untersuchungsmethoden am Probanden

Vor jeder Applikation der Folien an unteren Einser-, Zweier- und den Eckzähnen wurde eine gründliche Zahnsteinentfernung mit anschließendem Polieren zur Glättung rauher Stellen durchgeführt.

Der gesamte Versuch wurde in 2 Gruppen eingeteilt:

- a. Folien ohne Heranziehung von Zahnsteinhemmstoffen,
 - b. Folien mit Heranziehung von Zahnsteinhemmstoffen.
- a. Die Versuchsreihe a wurde in Anlehnung an die von Mühlemann u. Schneider gemachten Angaben durchgeführt.
- b. Die Versuchsreihe b wich von a weitgehend ab.
- Unter gleichen Bedingungen wurden dem Probanden bei dieser Versuchsreihe bestimmte Enzympräparate gegeben, um die Plaque-Bildung und deren Verkalkung zu verhindern. Bei dem Enzympräparat handelt es sich um eine Tablettenform. Zusammensetzung:
1. Bam-O-H74, 14% Pankreatin nach U.S.P. XIV, 3 % Papain und 3 % Pepsin
 2. Bam-O-H75, 12% Pankreatin nach U.S.P. XIV, 2 % Papain und 1 % Pepsin.

Beide Tablettenarten enthalten neben unbekannten Stoffen noch Bindemittel, Gleitmittel, Zucker und Aromastoffe. Die Enzyme könnten anstatt in Tablettenform auch in Form einer Zahnpasta oder einer Lösung zum Aufpinseln gegeben werden.

An den unteren Frontzähnen und Eckzähnen wurden die Folien befestigt. Als Untersuchungsmaterial diente die Hostaphanfolie (vgl. Abb. 1), eine von der Firma Kalle in Wiesbaden hergestellte Folie in einer Dicke von 0,075 mm und 0,05 mm, eine glasklare, kochfeste Polyterephthalsäure-ester Folie, die in ungefähr der Mylar-Folie der Firma E.I. Du Pont de Nemours & Co. Inc., Wilmington, Delaware, U.S.A. entspricht.



Abb. 1 Angerauhte Hostaphanfolie vor Applikation

Die Folienformen wurden nach Angabe von Mühlemann, Schneider, etwa 6 mm hoch, gegen incisal zu etwa 7 mm breit, selbst hergestellt, doppelseitig mit Polierstreifen aus der konservierenden Abteilung aufgerauht und mit Kofferdam-Zange gelocht. Kurz vor der Applikation der Folien im Munde der Probanden wurden diese für 5 min. in absoluten Alkohol getaucht.

Die Folien-Blättchen wurden nicht mit Drahtligatur nach Mandel, Levy, Wassermann, sondern mit chirurgischer Zahnseide Nr. 0,1 und 0,7 mm auf der Lingualfläche unterer Incisivi und Canini befestigt. Zahnseide wurde vorgezogen, um durch längeres Liegenlassen der Folien keine Geschmacks- und Geruchsbeeinträchtigung herbeizuführen und um den Patienten vom kosmetischen Standpunkt aus ein möglichst unauffälliges Tragen zu ermöglichen.

Bei der Befestigung wurde teilweise der äußere Rand einbezogen, teilweise auch umgekehrt.

Die Fadenenden wurden vestibulär verknüpft und nachträglich in den Interdentalraum geschoben, um eine Reizung an der Lippe zu vermeiden (vgl. Abbildungen 2 u. 3).

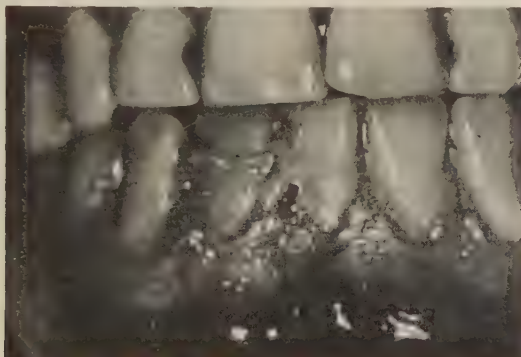


Abb. 2 Folien mit Ligaturen in situ

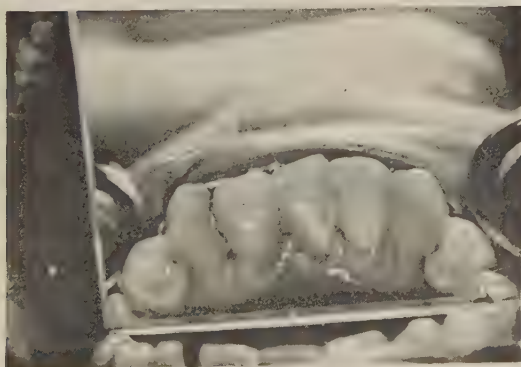


Abb. 3 Lingualansicht.
Folien an 217
adaptiert

Eine bessere Adaption wurde mit einem leichten Einschieben in die Zahnfleischtaschen erzielt, wobei die applizierte Folie mit einem erwärmten Kugelstopfer an den Zahn ange-drückt wurde.

3. Liegedauer der Folien

Die Liegedauer beim ersten Versuch schwankte zwischen einem und 29 Tagen.

Beim zweiten Versuch wurden dem gleichen Probanden unter Enzymapplikation erneut Folien angelegt.

4. Verarbeitung der Folien im Laboratorium

a. Fixation und Einbettung der Folien.

Sofort nach dem Entfernen der Folie aus dem Mund wurde diese mit einem Faden (Zahnseide) am oberen Rand befestigt und zur Fixation in eine 10 %ige neutrale Formalinlösung für 24 Stunden aufgehängt. Um das Formalin auszuwaschen, kam sie anschließend für 2 Stunden in Aqua dest., um dann mit aufsteigender Alkoholreihe, absolutem Alkohol, Methylbenzoat und Benzol 1 und 2, für die Paraffineinbettung vorbereitet zu werden.

b. Schneiden der Folien

Die aus 58 bis 60° hergestellten Paraffinblöcke wurden zu Schnitten von 8-10/ μ Dicke verarbeitet (vgl. Abb.4 - 7).



Abb. 4

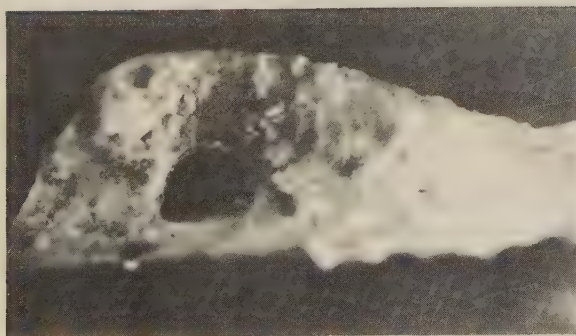


Abb. 5

Abb. 4/5 : Hostaphanfolien mit Plaquebildung (Zahnstein) bei einem 60-jährigen Mann vor der Applikation der Zahnsteinhemmstoffe. Liegedauer der Folie in situ 25 Tage. Vergrößerung: 1:50

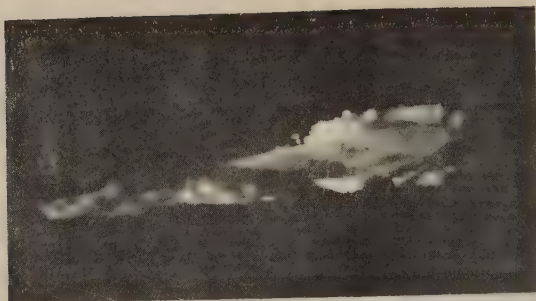


Abb. 6



Abb. 7

Folie beim gleichen Patienten nach Behandlung
mit Zahnsteinhemmstoffen. Liegedauer: 25 Tage,
Vergrößerung: 1:25

Färbemethoden

Zunächst wurden sämtliche Präparate für die Färbemethoden entparaffiniert. Dieser Vorgang war für alle Färbungen gleich und unterschied sich nur im einzelnen in der zeitlichen Anwendung der verschiedenen Lösungen. Die Lösungen selbst waren stets die gleichen.

Nachdem die aufgezogenen Schnitte für eine bis zwei Stunden im Brutschrank bei einer Temperatur von 40-47° aufbewahrt wurden, um das Paraffin zu lösen, kamen sie in Xylol I (10 min.), Xylol II (10 min.); weitere 10 min. in Xylol III. Anschließend für jeweils 5-10 min. in absol. Alkohol, zweimal 96 % I und 96 % II, darauf in 70 % Alkohol. Nach einer kurzen Wässerung in Leitungswasser waren die Präparate für die Färbungen vorbereitet.

I) Hämatoxylin-Eosin-Färbung

(Hämatoxylinlösung nach Delafield mit Ammoniakalaun)

Die Schnitte wurden 5 - 10 Min. mit Hämatoxylin bis zur Violettfärbung behandelt. Anschließend wurden sie mit 1 %igem HCl-Alkohol differenziert, bis die violette Farbe in eine rötlich-bräunliche Färbung übergang. In klarem Wasser wurden dann die Schnitte für 10 Min.- 1/2 St. gebläut (längeres Bläuen ist besser) und mit 1 %igem alkoholischem Eosin 3 Min. lang nachgefärbt. Über die aufsteigende Alkoholreihe (70 % sowie 96 %igem 2 x absolutem Alkohol) kamen die Schnitte in Karbol-Xylol. Sämtliche Präparate wurden mit Kanadabalsam eingedeckt.

Hämatoxylin- pH-Wert: 3,1

Eosin-pH-Wert : 5,6

Färbemethoden und Zusammensetzung der Hämatoxylin-Eosin-Färbung sind entnommen aus Romeis, B. 1948 und Heinrich 1957.

II) Gramfärbung

a) ohne Kernechtrottlösung

Zuerst werden die Präparate für 3-5 min. in filtriertem Karbolgentianaviolett gefärbt. Dann mit Wasser abgespült und in Fließpapier abgetrocknet. Danach wurden sie für weitere 2 min. mit Lugolscher Lösung gebeizt. Diese wurde abgegossen und ohne zu spülen wurden sie in Fließpapier getrocknet. Darauf erfolgte eine Differenzierung in absolutem Alkohol, worauf sie zweimal mit reinem

Xylol ausgewaschen wurden. Einschluß mit Balsam.
Einige Schnitte wurden mit Fuchsin gegengefärbt.

b) mit Kernechtrotlösung

Für 2-3 min. wurde in Kernechtrotlösung vorgefärbt und mit Aqua dest. abgespült. Die Liegedauer im Karbolgentianaviolett betrug 2-3 min. Nach Abspülen in H_2O und Abtrocknen mit Fließpapier kamen die Schnitte für 2 min. in Lugolsche Lösung. Diese wurde ebenfalls abgeschüttet und ohne zu spülen in Fließpapier getrocknet. Darauf erfolgte wiederum Differenzierung in absolutem Alkohol, Auswaschung in reinem Xylol und Einschluß mit Kanadabalsam.

Herstellung der Kernechtrotlösung:

0,5 g Kernechtrot (Bayer) werden mit 100 ccm 5 %igem Aluminiumsulfat gekocht. Die Lösung läßt man abkühlen und filtriert sie dann.

Kernechtrot-pH: 3,3,

Karbolgentianaviolett-pH-Wert: 3,1.

c) Muzikarminfärbung

Herstellung der Muzikarminstammlösung: 1 g Karmin (Chroma), 0,5 g Aluminiumchlorid und 2 ccm Aqua dest. werden vorsichtig in einer Porzellanschale unter ständigem Umrühren erhitzt, bis das zuerst hellrote Gemisch ganz dunkelrot wird. Dem noch warmen Gemisch setzt man unter Rühren 100 ccm 50 % Alkohol zu. Nach 24 Stunden wird diese Stammlösung filtriert. Zur Färbung wird die Stammlösung 10 mal mit Aqua dest. verdünnt. Die verdünnte Lösung ist nur kurze Zeit haltbar. Ihr pH-Wert schwankt zwischen 3,2 und 3,3 (nach Romeis).
Die Färbezeit in der verdünnten Lösung dauerte 2 min.

d) Astrablaufärbung

Nach Formol-Fixierung und Paraffineinbettung kamen die Schnitte aus dem Wasser in 1 %ige Lösung von Astrablau

(Bayer-Leverkusen), in 1 %iger Essigsäure, worin sie 10 min. gefärbt wurden. Nach kurzem Waschen folgt eine Kernfärbung mit Kernechtrot. Anschließend wurden die Präparate mit Aqua dest. gespült, über die Alkoholreihe in Xylol gebracht und mit Balsam eingedeckt (Heinrich).

Zur Darstellung der sauren Mukopolysaccharide wurde die folgende Farblösung verwendet:

Astrablau FM (Chroma) 0,75 g, Acidum tartaricum 2,5 g und Aqua dest. 100 ml. Diese Farblösung hat ein pH von 1,9-2,0. Die Schnitte wurden für 30 min. in die Farblösung getaucht. Als Gegenfärbung wurde bei einem Teil der Präparate Kernechtrot verwendet (Schneider).

(Astrablau FM, hergestellt von der Chromagesellschaft, Schmid & Co., Stuttgart)

Ein Farbstoff aus der Gruppe der Phthalocyaine, die heute noch wenig erforscht sind. Astrablau ist ein einheitliches, stark basisches Cu-Phthalocyanin.

e) PAS- und PAS-Phosphatase-Färbung

Nach der absteigenden Alkoholreihe und Wässerung in H₂O wurden die Schnitte für 10 min. zur Oxydation in eine 0,5-1%ige wässrige Perjodsäurelösung gebracht. Kurz in Leitungswasser gewaschen und anschließend für 20-30 min. in Schiff'sches Reagenz gestellt. Danach wurde 20 min. lang fließend gewässert.

Bei einigen der Präparate wurde zusätzlich mit Hämatoxylin eine Kernfärbung erzeugt.

Herstellung des Schiff'schen Reagenz nach W. Graumann, 1953 (vgl. Walther Lipp).

0,5 g Pararosanilin acridinfrei stand. Bayer in 15 ml n-HCl ohne Erwärmen unter Schütteln vollständig lösen. Schiff pH Wert: 2,3

0,5 g Kaliummetabisulfit (K₂S₂O₅) in 85 ml dest. Wasser lösen und zusetzen.

Die klare, kräftig rote Lösung hellt sich allmählich auf und wird dabei gelblich; sie wird nach 24 Stunden mit 0,3 g Aktivkohle (pulv.) 2 min. lang geschüttelt und dann filtriert. Das Reagenz ist sofort gebrauchsfertig und in Schiffstopfenflasche mehrere Monate haltbar.

Perjodssäurelösung: (0,8 %) (pH Wert: 2,5)

1,6 g Perjodsäure

+ 180,0 ml Aqua dest, lösen

+ 20 m 15 m Na-Acetatlösung

(nach Schüller Wien, zit. n. G. Heinrich)

PJS-Reaktion nach J.F.A. McManus (1946)

Im Anschluß an die absteigende Alkoholreihe und Wasser kommen die Schnitte für 2-5 min. in eine 0,5-0,8 % Perjodsäure. Gründlich mit Aqua dest. wässern und dann bei Zimmertemperatur für 15 min. in Schiffsches Reagenz. Hieran anschließend wird 3 mal 5 min. mit SO_2 -Wasser gespült. Dann mit dest. Wasser gespült, entwässert und wie üblich eingedeckt. Bei einigen Präparaten wurde im Anschluß an die Spülung mit dest. Wasser eine Gegenfärbung mit Hämatoxylin abgeschlossen.

Zusammensetzung der 0,8 %igen Perjodsäurelösung:

1,6 g Perjodsäurelösung

+ 20,0 ml 5 m Na-Acetatlösung

+ 140,0 ml abst. Alkohol

+ 40,0 ml Aqua dest.

(pH Wert: 3,0)

Ferner wurde die PAS- und PAS-Phosphatase-Färbung (nach Schneider) durchgeführt.

In einer 10 %igen wasserfreien Na-Bisulfit-Lösung wurden die freien Aldehydgruppen inaktiviert. Nach dreimaligem gutem Spülen in Aqua dest. wurden die Schnitte in eine 0,5 %ige Perjodsäurelösung gebracht. Nach 3 min. wurde im Aqua dest. wiederum gut gespült. Nach einer 15 min. dauernden Behandlung im Schiffsches Reagens (nach

W. Graumann) wurden die Präparate für dreimal 5 min. ins SO_2 -Wasser gebracht.

(10 %iges Na-Metabisulfit 6 ml, n-HCl 5 ml, Aqua dest.
100 ml)

Perjodsäure - pH-Wert: 2,1

f) Hämatein-Eosin-Färbung

Die Schnitte wurden 2 Minuten lang mit Hämatein (Firma Fluka AG, Chemische Fabrik Buchs S G) gefärbt. Mit HCl-Alkohol wurde ausdifferenziert. Die Gegenfärbung im Eosin dauerte 1 min.

Hämatein-pH-Wert: 2,1, Eosin-pH-Wert: 5,6

Resultate

1. Versuchspersonen

Das Verhalten der Versuchspersonen gegenüber den angelegten Folien war unterschiedlich. Reizung und Rötung von Zahnfleisch, Lippe und Zunge traten nur in einigen Fällen auf, besonders aber bei labilen und nervösen Personen. Im allgemeinen wurden die Folien schon nach zweitägigem Tragen nicht mehr als störend empfunden. Hierbei half die Überzeugung der Probanden, daß sie gar keinen Fremdkörper im Munde haben, wesentlich.

Zwei Versuchspersonen entfernten sich die Folien schon nach kurzer Zeit selbst und fielen damit für den Versuch aus. Wie sieht das Ergebnis beim zweiten Versuch unter Wirkung der Enzympräparate aus?

Von den Tabletten wurden j 2 3 mal täglich, entsprechend der Versuchsdauer, nach den Mahlzeiten gelutscht. Die Tabletten wurden im allgemeinen gut vertragen, mit Ausnahme eines Probanden, der nach der Tablettenverabreichung einen Juckreiz verspürte.

Die normale Zahnreinigung und Mundpflege wurde während des Versuches beibehalten.

2. Untersuchungsmethoden

Zu Beginn des Versuches wurden Folien an oberen Molaren angebracht. Diese konnten jedoch auch nach zehntägigem Tragen nicht verwendet werden, da die Plaque und Zahnsteinmassen infolge mechanischer Abschabung beim Kauen nicht haften blieben. Ein weiterer Nachteil lag in der schwierigen Befestigung.

Als Folien-Material wurde die Hostaphan-Folie der Firma Kalle, Wiesbaden benutzt.

3. Verarbeitung der Folien im Laboratorium

a. Fixation und Einbettung

Die Einbettung wurde mit Paraffin ausgeführt. Hierbei zeigte sich (vgl. auch Schneider), daß es schwierig ist die Beläge auf den Folien zu halten, da die Einbettungsmasse vor dem Färbungsprozeß entfernt werden muß. Bei einigen Versuchspersonen ging aus diesem Grunde die Folie verloren, die Beläge dagegen hafteten fest auf den Objektträgern.

b. Schneiden

Beim Schneiden wurde das Messer quer zur Längsrichtung der Folie herangeführt, da sie sonst aus dem Paraffin herausgerissen wurden.

Ergebnisse der Zahnsteinuntersuchung

Die Bildung des Belages geht bei den verschiedenen Probanden verschieden schnell vor sich, wobei die Beläge in der Zusammensetzung variieren.

Eine allgemein gültige Wachstumsordnung und genaue Zusammensetzung des Zahnbelages kann nicht gegeben werden. Im folgenden Teil werden die unterschiedlichen Ergebnisse der verschieden lang applizierten Folien, nach Behandlung mit mehreren Färbungen dargestellt.

I. Einen Tag alte Beläge

Die Auswertung der Präparate zeigt in der ersten Versuchsreihe (ohne Enzyme) eine große Ähnlichkeit mit den von Schneider publizierten Abbildungen. Die einen Tag alten Beläge sind gekennzeichnet durch Gram + Mikroorganismen. Sie sind stellenweise in Haufen oder Nesterbildung angeordnet, wobei eine gleichmäßige Grundsubstanz nicht feststellbar ist.

Die Ansammlungen werden am Foliengrund, dicht unter dem Zahnfleisch oder am Rande der Folie gelegen, verstärkt angetroffen. Häufig finden wir an dieser Stelle in reichlicher Zahl Leukozyten, die als Ursache für die Reizung am Gingivalsaum angesehen werden, bedingt durch das Einschieben der Folie in den Raum zwischen Gingiva und Schmelz.

Die Farbe der Bakteriendarstellung nach Gram variiert zwischen blau-violett und rot-violett, wobei die blau-violette Farbe kräftiger und deutlicher in den Vordergrund tritt.

Die einzelnen Kolonien nehmen von Tag zu Tag zu und verdichten sich immer mehr. Bei Erreichen einer bestimmten Größenordnung beginnt sich eine mehr und mehr verkalkende kompakte Plaque-Masse am Foliengrund abzulagern, die als Verkalkungszentren angesprochen werden. Je weiter wir von den Verkalkungszentren entfernt sind, um so verschwommener und ungenauer in der Zeichnung wird der Belag.

Bei Färbung mit HE geht der Farbstoff entgegen dem der Gram-Färbung in ein noch tieferes Blauviolett, fast ausschließlich blau, über. Besonders in den Verkalkungszentren und den dichten Kolonienansammlungen haben wir dunkle, dicht begrenzte Zentren. Vereinzelt treten abgeschilferte Epithelzellen auf, die den Belagsoberflächen aufgelagert sind.

Neben Palisadenstrukturen enden die wahrscheinlichen Filamente an ihrer Spitze mit feinen Knötchen und neigen sich alle in einer Richtung. Sie zeigen mit Astrablau + Kernechtrot-Färbung eine zart rosa bis rotviolette Färbung, während die darin eingelagerten und scharf begrenzten Verkalkungszentren grünlich-blau bis mattgrau erscheinen.

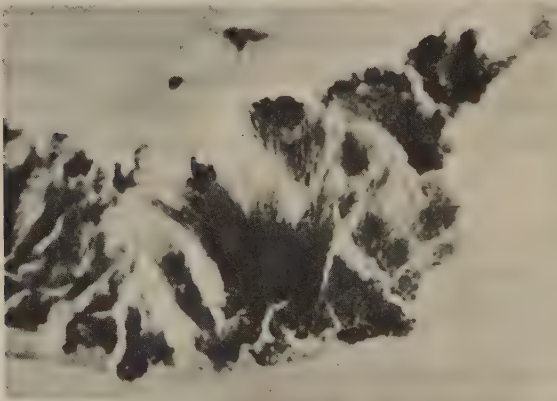


Abb.8 Liegedauer der Folie 6 Tage, Gram Färbung.
Vergrößerung: 1 : 540 Die dunklen Anteile stellen
Gram + Mikroorganismen dar. Einzelne verzweigte
Filamente sind sichtbar.



Abb. 9 Liegedauer 6 Tage, HE-Färbung
Zusammenhängende Verkalkungszentren mit
aufgehellten Stellen, die als Artefakte
angesehen werden müssen. Darüber Bakterien-
ester.
Vergrößerung: 1 : 540

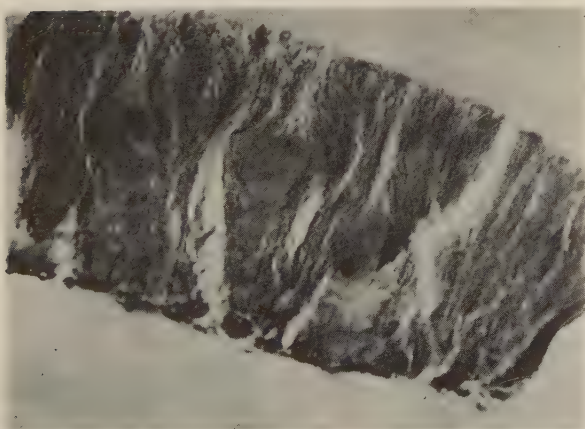


Abb.10 Expositionszeit: 6 Tage, Astrablau + Kernecht-
rot-Färbung, Palisadenstruktur. Zwischen den
filamentartigen deutlich abgrenzbare, vermut-
lich frühe Verkalkungszentren.
Vergrößerung: 1 : 540

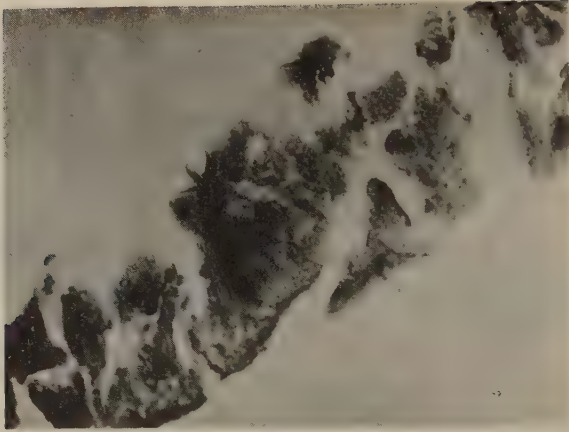


Abb. 11 Liegedauer 9 Tage, PAS + Na-Bisulfit-Färbung
Palisadenartige Streifenbildung innerhalb der
Belagsschicht. Diese ist durch Artefakte
stark zerrissen entsprechend der stärkeren
Verkalkung bei neuntägiger Expositionszeit.
Vergrößerung: 1:540

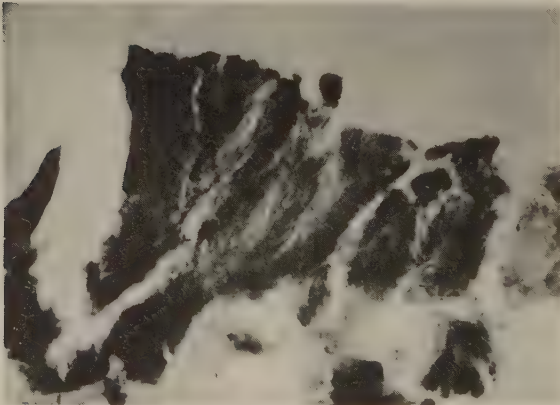


Abb. 12 Moosartige Beläge, HE-Färbung
Expositionszeit der Folie: 10 Tage,
Vergrößerung wie oben.

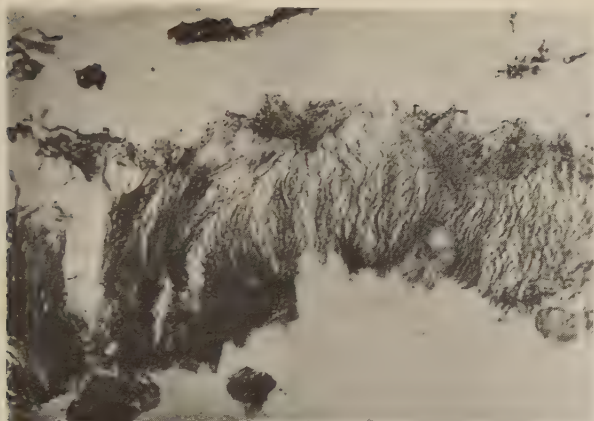


Abb. 13 Stark ausgeprägter Filamentrasen. Die Filamente ragen bis auf die Folien, in deren Nähe verkalkte Beläge bestehen. Links im Bild schwarze, punktförmige Einlagerungen unbekannter Art. Gram-Färbung. Expositionszeit der Folie: 9 Tage, Vergrößerung wie oben.

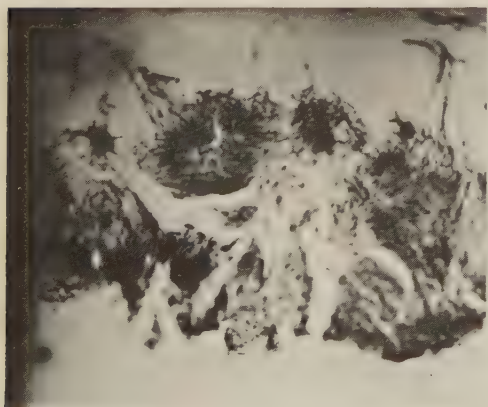


Abb. 14 Darstellung einer drusenartigen Struktur mit Filamenten bei stärkerer Vergrößerung. Gram-Färbung, Expositionszeit der Folie: 9 Tage, Vergrößerung: 900-fach

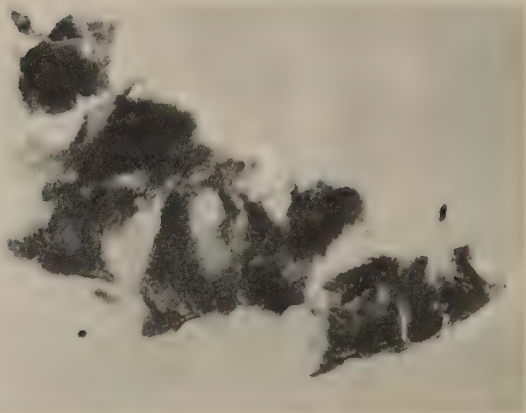


Abb. 15 Beläge mit reduzierten Kokken und Plaque.
PAS-Färbung, Expositionszeit der Folie: 5 Tage,
Tabletten 15 %ig, Vergrößerung: 1 : 630

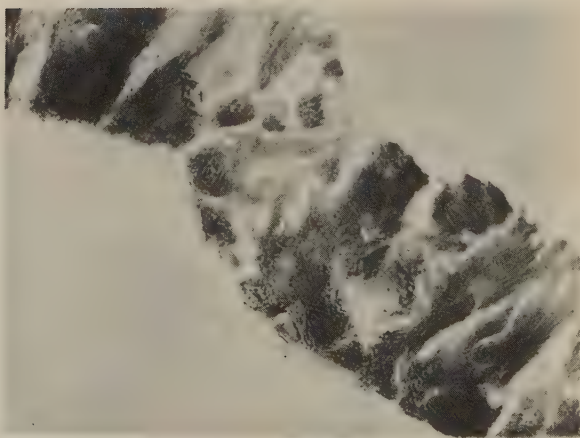


Abb. 16 Auf der Foliengrundlage befindet sich eine noch
stellenweise dicht zusammenhängende Schicht,
vorwiegend aus Kokken, darüber stellenweise
palisadenartige Strukturen. Wenig verkalkte
Zentren. Färbung sehr schwach. PAS-NA-Bisulfit-
Färbung. Expositionszeit der Folie: 5 Tage,
Tabletten 15 %ig, Vergrößerung: 630-fach

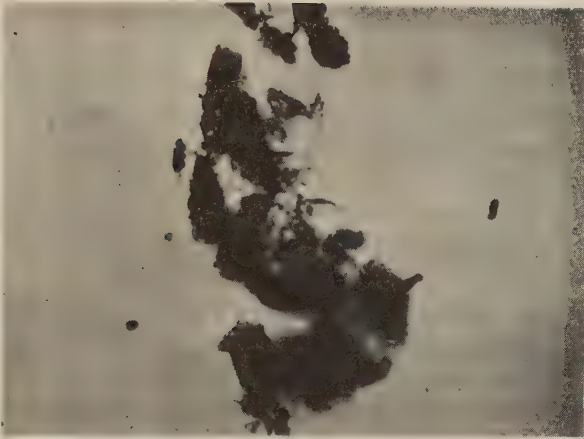


Abb. 17 Aufgelöste Grundfläche. Verminderte Belagsbreite. Nur noch wenige Zentren mit büschelartigen Filamenten. PAS-Na-Bisulfit-Färbung, Expositionszeit der Folie: 5 Tage, Tabletten 15 %ig, Vergrößerung wie oben.

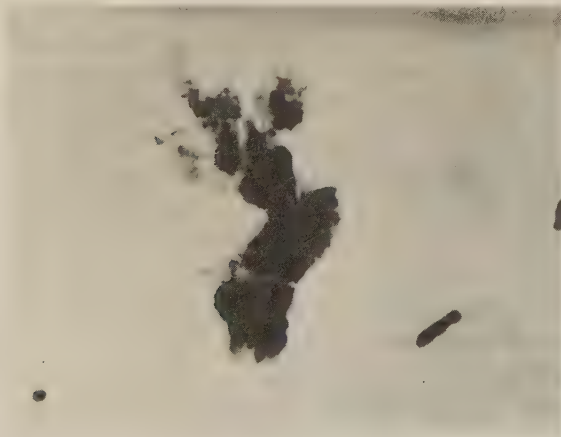


Abb. 18 Geringe strukturlose Plaquebildung bei 20 %igem Präparat. PAS-Färbung, Expositionszeit der Folie: 9 Tage, Tabletten 20 %ig, Vergrößerung: 1 : 630.

II. Zwei Tage alte Beläge

Bei zwei Tage alten Belägen tritt eine Verdichtung und zunehmende Schichtdicke der Beläge auf. Eine genaue Darstellung der Belagsabschnitte, besonders in ihren konzentrierten Teilen mittels Gram, HE oder Kernecht-rot ist nicht möglich. Ebenso ist infolge der Dichte eine Strukturierung nur verwischt zu erkennen.

Die Beläge werden von Streifen durchzogen und zeigen an den Stellen der dicht besiedelten Mikroorganismen eine intensivere Färbung.

Bei der PAS-Färbung wird ein dunkelrotes Muster sichtbar, das durch einen Zusatz von Na-Bisulfit in den konzentrierten Zentren mehr violett bis blau-violett erscheint. Die Farbwiedergabe ist nur gering. Die mit steigender Expositionszeit zunehmenden Verkalkungszentren nehmen bei Gram und Astrablaufärbung nur noch geringen Farbstoff an. Eine deutliche Randzeichnung der Zentren bekommen wir mit Muzikarminfarbstoff, wogegen zu Anfang der Beläge die Zentren intensiver gefärbt waren. Dagegen hält die Farbwiedergabe bei der PAS-Färbung in den Zentren sehr lange an. Das kräftige Rot ist noch bei Präparaten, deren Expositionszeit 10-12 Tage betrug, sehr ausgeprägt und läßt erst bei älterem Folienmaterial nach.

Nach Schneider kommen die Mikroorganismen in den Zentren zum Absterben. Gleichzeitig kommt es zu einer Veränderung der Mukoide.

Auch in den Präparaten von 1-2 tägiger Expositionsdauer haben wir eine linienförmige, gegenüber den übrigen Belägen deutlich abgegrenzte, Zentrenbildung. Wenn auch bei den jungen und noch nicht verkalkten Belägen diese Grenze nur schwach wahrnehmbar erscheint, so ist sie doch als Übergang zu der ausgeprägten Membrane der eigent-

lichen Verkalkungszentren deutlich erkennbar. Die Membran nimmt mit steigender Expositionszeit an Schärfe zu. Diese Zentren sind nicht nur in den Basisschichten und damit älteren Belägen festzustellen, sondern finden sich auch über die ganze Belagsbreite verstreut.

Schon bei den makroskopischen Aufnahmen kann man die Belagsdichte feststellen. Die Plaque ist auf der Folie fleckenartig verteilt (vgl. Abb. 4 - 7) mit deutlicher Anhäufung der Flecken gegen den Interdentalraum und Gingivalsaum zu.

Eine vergleichende Ähnlichkeit ist sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch in den verschiedenen Folienabschnitten feststellbar. Besonders stark tritt die Belagsbildung an den Stellen in den Vordergrund, an denen die Folien vor mechanischer Berührung geschützt sind, z.B. Zunge, Zahnreinigung und Kautätigkeit. Auf diese Weise haben wir ebenfalls in den Interdentalräumen eine ausgeprägte Belagsdichte.

III. Drei Tage alte Beläge

Bei allen Belägen sind nur teilweise noch Verkalkungszentren vorhanden. Dafür haben wir es mit einem Rasen von Filamenten zu tun, deren einzelne Fäden alle nach einer Seite geneigt sind.

Diese Filamente müssen nicht unbedingt einer Grundsubstanz aufsitzen, sondern können ihren Ursprung direkt auf der Folienunterlage haben.

Sie können einzeln auftreten oder festgefügte Bündel darstellen. Einzelne Pilze bilden Kolonien wirrer Kugeln nach Art der Drusen bei der Aktinomykose.

In diesen Abbildungen erscheinen die einzelnen Filamente mit Gram gefärbt sehr deutlich blau-violett, während die Zentren blau sind. Einzelne Stäbchen und Kokken sind aufgelagert.

IV. Beläge mit längerer Expositionszeit

In den Vordergrund des Interesses treten hier die Verkalkungszentren, die zwischen dem 3. bis 6. Tag eine deutliche Abgrenzbarkeit zeigen, die mit höherer Expositionszeit an Darstellungsmöglichkeit variiert. Sowohl mit Gram als mit PAS, PAS + Na-Bisulfit und Muzikarminfärbung ist nur noch eine geringe Wiedergabe möglich.

Die anfänglich gute Strukturierung geht in eine verschwommene Masse über, die nur noch schwach von der übrigen Belagschicht zu unterscheiden ist.

Im Gegensatz zu den Aufnahmen der ersten Versuchsreihe stehen die des zweiten Versuches. Letzterer sollte die beginnende Zahnsteinbildung durch Enzympräparate verhindern. Es soll wiederholt werden, daß die im Text schon angegebenen Enzyme in Form von Tabletten (15 % und 20 %ig) zur Anwendung gelangten.

I. Einen Tag alte Beläge

Bei Anwendung dieser Präparate ist eine photographische Wiedergabe der Schnitte sehr schwierig, da bei einer Expositionszeit von 1 bis 3 Tagen fast keine Plaque sichtbar wird. Lediglich die Folie erscheint auf dem Objektträger, die aber infolge der geringen Rauigkeit nur wenig Farbstoff annimmt. Wir sehen eine noch verhältnismäßig dichte Grundlage, bestehend aus wahrscheinlich Kokkennestern und stellenweise palisadenartige Strukturen. Es fehlt eine scharf abgrenzbare Randzone wie bei den Präparaten gleicher Expositionszeit ohne Tablettengabe.

Die Strukturierung verliert sich langsam, wobei nur noch einzelne Filamente über die gesamte Belagsbreite beobachtet werden.

Mit der PAS-Na-Bisulfit-Färbung erscheinen die Verkalkungszonen und wenige Filamente schwach blauviolett bis rötlich gefärbt. Im übrigen weist die gesamte Belagsdichte einen schwach rosa Farbton nach.

Die Belagsdichte nimmt ab, sie erscheint aufgelockert und stellenweise unterbrochen. Außerdem ist die Höhe des Belages vermindert und die Länge des Belagsdurchschnittes beträchtlich verkürzt. Das Ergebnis, welches in diesem Falle mit 15 %igen Tabletten erzielt wurde, wird wesentlich verstärkt durch die Anwendung der 20 %igen Präparate.

II. Zwei Tage alte Beläge

Die beste Farbwiedergabe wurde bei den Präparaten des zweiten Versuches mit Astrablau + Kernechtrot erzielt. Die Grundsubstanz und die wenigen Filamente erscheinen zartrosa. Dagegen heben sich die nur noch schwach verkalkten und in Auflösung begriffenen Zentren in blaugrünem Farbstoff auch ohne Randgestaltung noch deutlich ab. Eine einheitliche Grundstruktur ist nicht mehr vorhanden. Die noch zusammenhängenden Konkremeute sind punktförmig auf dem Objektträger verteilt. Während beim ersten Versuch teilweise eine Verbindung zwischen der Belagschicht und der Folie eintrat, ist das im zweiten Versuch nur selten der Fall.

III. Drei und mehr Tage alte Beläge

Bei drei und mehr Tage alten Belägen haben wir keine einheitlich zusammenhängende Plaquebildung. Die noch vorhandenen Filamente sind spärlich ausgebildet. Sie sind nicht in einer einheitlichen Richtung angeordnet, wie in der ersten Versuchsreihe, bei der die Filamente sich wie Ähren nach einer bestimmten Seite neigten.

Mit PAS-Färbung ist eine überwiegend blau-violette Farbe zu erreichen. Eine Strukturunterscheidung ist nicht möglich. Bei der Gram-Färbung mit Kernechtrot als Gegenfärbung sind noch geringe Kokken sichtbar. Je länger die Expositionsdauer und je konstanter die Anwendung der 20 %igen Präparate, umso deutlicher treten die Auflösungserscheinungen zutage, wie z.B. die Abbildungen zeigen.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Fünfundzwanzig Probanden mit einer raschen und intensiven Zahnsteinbildung wurden in 2 Untersuchungsreihen Zahnsteinträger angelegt, um die Frühstadien der Zahnsteinbildung in vivo beobachten zu können.

Anstelle der bisher gebräuchlichen Mylar-Polyester-Folien haben wir als Zahnsteinträger eine "Hostaphan" - Folie herangezogen, die lingual fixiert, die frühesten Zahnbeläge und die beginnende Verkalkung erfassen sollte.

Die Liegedauer dieser Folien schwankte zwischen einem und 29 Tagen. Sie wurden mittels Paraffineinbettung verarbeitet.

In einer ersten Untersuchungsreihe wurden an die von Schneider, U.K. und H.R. Mühlemann (1959) gemachten Erfahrungen angeknüpft. Unter gleichen Bedingungen wurden in einer zweiten Untersuchungsreihe bei denselben Probanden Zahnsteinhemmstoffe verabreicht. Es handelte sich um folgende Präparate: 1. Bam-O-H74, 14% Pankreatin nach U.S.P. XIV, 3% Papain und 3% Pepsin. 2. Bam-O-H75, 12% Pankreatin nach U.S.P. XIV, 2% Papain und 1% Pepsin.

Den Hauptanteil der Belagsbildung bildeten, ähnlich den Beobachtungen von Schneider und Mühlemann, Kokken und Filamente. Beim Erreichen einer bestimmten Größenordnung beginnen sich mehr und mehr Verkalkungszentren abzuzeichnen. Neben palisadenartigen Streifenbildungen, moosartigen Belägen und drusenartigen Strukturen finden sich vermehrt Einlagerungen unbekannter Art.

Die Auswertung der Folien zeigt, daß die Plaque-Bildung individuell verschieden ist und in ihrer Zusammensetzung variiert. Eine allgemein gültige Wachstumsordnung kann nicht gegeben werden.

Die Beeinflussung der Plaque-Bildung und der schon älteren, verkalkten Beläge durch Zahnsteinhemmstoffe zeigte, daß nach Verabreichung dieser Substanzen die Beläge und diejenigen, die gerade im Begriff waren zu verkalken, an Dichte, Höhe und Länge abnahmen.

Literaturnachweis

- Baer, P.N., und Burstone, M.S.: Esterase Activity Associated With Formation Of Deposits On Teeth. Oral Surg. Med.Or.Path. 12, 1147-1152 (1959)
- Berger, U.: Mikrobiologie der Mundhöhle, S. 187-189
- Bibby, B.G.: The Formation of Salivary Calculus, Dent.Gos. 77, 668 (1935)
- Black, G.V.: Konservierende Zahnheilkunde, Berlin 1914, S.163
- Chupein, Th.: Zahnstein und dessen Entfernung, Korr.Bl. Zahnärzte, 13, 130-34 (1884)
- Davis, G.H.G., und A.C. Baird-Parker: Leptotrichia Buccalis, Brit.dent.J. 106, 70 (1959)
- Dies.: The Bacterial Elements Of Materia Alba. Brit.dent. 106, 142 (1959)
- Freemann, J.A.: Die Entfernung von Zahnsteinansatz, Korr.Bl. Zahnärzte, 27, 119-124 (1898)
- Geist-Jacobi, G.P.: Geschichte der Zahnheilkunde, Tübingen 1896, S. 95-101.
- Gins, H.A.: Biologie, Bakteriologie, Serologie, Desinfektionsmaßnahmen im Gebiet der Mundhöhle, F Schr.Zahnheilk. 5/1, 287-316 (1929)
- Ders.: Einführung in die Bakteriologie, München 1949, S.
- Grossmann, L.I.: Clinical Evaluation Of A Salivary Calculus Preventive Agent. Oral Surg. Oral Med. Oral Path. 7, 607-608 (1954)
- Ders.: Effect of Chemical Agents On A Calculus Substitute. Oral Surg. Oral Med. Oral Path. 7, 484-487 (1954)
- Hazen, St.P., und H.A. Zander: Four Week Old Calculus, J.dent.Res. 38, 710 (1959)
- H. Gerda: Fibel der histologischen Technik, Dresden 1957,
- Hepburn, Ch.: Grundlegendes zur Konkremententfernung und Kürettage Zahnärztl. Prax. Jahrg. 13, 12 (1962)

- Herrenknecht, W., u. C. Scheidt: Mundhygiene,
Fschr.Zahnheilk. 5/1, 715-26 (1929)
- Hodge, H.C., und S.W. Leung: Calculus Formation.
J. Periodontol. 21, 211 (1950)
- Hüttenrauch, H.: Die Einwirkung der Fluorwasserstoffsäure
und ihrer Salze auf den Zahnstein und auf die
harten Zahnschubstanzen,
Dtsch.Msch.Zahnheilk. 42, 449-60 (1942)
- Huysen Van, G., und V. Bhatavadaker: The Inhibition Of Calculus
Formed in Vitro.
J.Dent.Res. 34, 733 (1955)
- Jensen, A.T., und M. Dano: Crystallography Of Dental Calculus
and the Precipitation of Certain Calcium Phos-
phates, J.dent.Res. 33, 741-748 (1954)
- Knox, K.W.: Observations On The Salivary Mucolytic Enzymes.
J. Dent. Res. 32, 367-369 (1953)
- Ders. Observations On The Action Of Mucolytic Enzymes
On Salivary Mucin. J.dent. Res. 32, 374-378 (1953)
- Kranz, P., und K. Falck: Alveolar-Pyorrhoe. Ihre Ätiologie,
Pathologie und Therapie, Meusser, Berlin 1922, S. 12.
- Kusunoki, M.: Studien über die Zahnsteinbildung I.
J. Biochem. Japan, 31, 481-483 (1940)
- Ders.: Studien über die Zahnsteinbildung II.
J. Biochem. Japan, 34, 441-445 (1941)
- Lay, W.: Experimentelle Untersuchungen von Mitteln zur
Zahnsteinentfernung unter besonderer Berücksich-
tigung des Wirkstoffes "HAASE"; Med.Inaug.Diss.,
Mainz 1959
- Leung, S.W.: A New Method For The In Vitro Production of
Artificial Calculus.
J. Dent. Res. 2, 689-698 (1953)
- Ders.: Further Studies on the Effect of Lactones on
Synthetic Calculus Formation,
J. Dent. Res. 34, 707-713 (1955)
- Ders.:und A.T. Jensen: Factors Controlling The Deposition Of
Calculus,
Internat. Dent. J. 8, 613 (1958)
- Mandel, J.D., und B.M. Levy: Studies On Salivary Calculus,
Oral Surg. 10, 874 (1957)

- Mandel, J.D., Levy, B.M., und B.H. Wassermann: Histochemistry Of Calculus Formation, J. Periodontol. 28, 132-136 (1957)
- Miller, W.D.: Lehrbuch der Konservierenden Zahnheilkunde, Leipzig 1896, S. 383
- Naeslund, C.: Studies of Tartar Formation, Acta path. et microbiol.scandinav. 3, 637; 1926
- Romeis, B.: Mikroskopische Technik, 15. Aufl., Leibig, München 1948
- Röse, C.: Anleitung zur Zahn- und Mundpflege. Zwickau 1927
- Rowles, S.L.: On the Occurence of Whitlockite in Dental Calculus, J. dent. Res. 37, 749 (1958)
- Sachs, H.: Moderne Mundhygiene auf biologischer Grundlage, Zahnärztl.Rdsch. 33, 231-234 (1924)
- Ders.: Zahnstein, Organismus und Alveolarpyorrhoe, Dtsch.zahnärztl.Wschr. 27, 2-6 (1924)
- Ders.: Beiträge zur Kenntnis von Bildung des Zahnsteins und seiner Verhütung, Dtsch.Mschr.Zahnheilk. 32, 113-124 (1914)
- Schneider, U.K., und H.R. Mühlemann: Frühstadien des Zahnsteins, eine histologische Studie. Schweiz.Mschr.Zahnhk. 69, 755-765 (1959)
- Schoenbeck, R.: Einige Bemerkungen zum Zahnsteinlösungsvermögen der Zahnpasten, Zahnärztl. Rdsch. 33, 353-354 (1924)
- Schroeder, H.E., und T.M. Marthaler: Normierte Folien als Zahnsteinträger, Schweiz.Mschr.Zahnhk. 71, 596-603 (1961)
- Ders. und Mühlemann, H.R.: Experimentelle quantitative in vivo Zahnsteinstudie, Dtsch.Zahn-Mund-Kieferhk. 37, 5-10 (1962)
- Schroff, F.R.: An Observation on the Attachment of Calculus, Oral Surg. 8, 154-158 (1955)
- Tonogai, K.: Physico-Chemical Studies on Salivary Calculus, J. Dent. Res. 36, 653 (1957)
- Ders.:und N. Sakuda: Studies On Dental Calculus by X-Ray Analysis. J.dent.Res. 36, 653 (1957)

- Trauner, K., und H. Wischo: Zahnsteinbekämpfung und Mundpflege,
Öster.Zschr.Stomat. 18, 405-415 (1920)
- Türkheim, H.: Untersuchung über das Zahnsteinlösungsvermögen
der gebräuchlichen Zahnpasten,
Zahnärztl.Rdsch. 33, 325-327 (1924)
- Urbantschitsch, E.H.: Zahnsteinbekämpfung mit Sulforicinoleat,
Wien. med. Wschr. 82, 1343-46 (1932)
- Ders.: Calculus dentalis supragingivalis,
Öster.Zschr.Stomat. 31, 235-242 und 372-384 (1933)
- Voraedis, E.G., und Zander, H.A.: Cuticular Calculus Attachment,
Oral, Surg. 11, 1120; 1958
- Waerhaug, J.: The Source Of Mineral Salts In Subgingival
Calculus,
J. Dent. Res. 34, 563-570 (1950)
- Wassermann, B.H., Mandel, J.D. und Levy, B.M.: In Vitro
Calcification Of Dental Calculus,
J. Periodontol. 29, 145-150 (1958)
- Westerden, E.M., und K. Little: Some Observations On The Composition
Of Calculus, J. Dent. Res. 37, 749-752 (1958)
- Willi, W.: Untersuchungen über die Wirkung der Sulforicinoleate
auf Zahnbeläge und Zahnstein,
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 40, 241-76 (1930)
- Winkler, K.C., und O. Backer-Dirks, O.: The Mechanism of the
DentalPlaque. Int. Dent. J. 8, 561 (1958)
- Wolff, Th.: Über die zahnsteinlösende und zahnsteinerweichende
Wirkung verschiedener Zahnpasten.
Med.Diss. Bonn 1921
- Zander, H.A.: A Method for Studying "The Epithelial Attachment",
J. Dent. Res. 35, 308 (1956)
- Ders.:
310
The Attachment of Calculus to Root Surfaces.
J. Periodontol. 24, 16-19 (1953)
- Ders.: und Hazen und D.B. Scott: Mineralisation Of Dental Calculus.
Proc. Soc. exper. Biol. Med. 103, 257-60 (1960)

Herrn Privatdozent Dr.Dr. P. Riethe danke ich
aufs herzlichste für die Überlassung des Themas
und für das stets bereitwillige Entgegenkommen bei der
Durchführung der Arbeit.

Mein Dank gilt ferner den Blendaxwerken in Mainz,
die mir die zahnsteinhemmenden Substanzen zur Verfügung
stellten und meine Laborarbeit unterstützten;
sowie den Damen des Histologischen Labors der Zahn-, Mund-
und Kieferklinik.

Lebenslauf

Am 9. Juli 1936 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. Paul Henkel und seiner Ehefrau Eva, geb. Hermanns, in Kassel geboren.

Grundschule und Gymnasium besuchte ich in meiner Heimatstadt. Mein Abitur legte ich 1957 ab.

Ich studierte Zahnheilkunde in Frankfurt und Würzburg. An der Würzburger Universität bestand ich 1960 das Physikum und studierte im WS 1960/61 in Mainz.

Hier beabsichtige ich, nach dem Wintersemester 62/63 mein Staatsexamen abzulegen.

Fotodruck

— Wiltrud Hög, Erlangen Brüxer Straße 9, Telefon 16 36 —
